

УДК 541.64, 532.74, 620.184.4, 532.1.0135

СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА**Труфакина Людмила Михайловна,**

канд. хим. наук, ст. науч. сотр. лаборатории реологии нефти

Института химии нефти СО РАН,

Россия, 63402, г. Томск, пр. Академический, 4. E-mail: lmt@ipc.tsc.ru

Актуальность работы обусловлена интересом использования полимерных композитов с наночастицами серебра и золота, обладающих рядом новых функциональных свойств для биомедицинских исследований как материал для тканевой и клеточной инженерии, материалы медицинского назначения с контролируемым выделением лекарственных веществ, в электронике и других областях техники. Показана возможность получения полимерных композитов на основе поливинилового спирта с Na-карбоксиметилцеллюлозой, добавкой тетрабората натрия и наполнителей в виде зольных наночастиц серебра и золота.

Цель работы: получение полимерных композитов на основе водных растворов поливинилового спирта и Na-карбоксиметилцеллюлозы с добавкой тетрабората натрия и наполнителей в виде зольных наночастиц серебра и золота и изучение их реологических и поверхностных свойств: динамической вязкости, модуля упругости и прочности адгезии.

Методы исследования: вискозиметрические исследования полимерных композитов проведены на реовискозиметре «Реотест-2», модуль упругости определяли методом пенетрации шарообразного индентора, прочность адгезии изучали методом перпендикулярного отрыва металлического кольца от поверхности полимерного тела. Проведено определение количества водородных связей в полученных полимерных композитах ИК-спектральным методом на спектрометре Nicolet 5700.

Результаты: впервые было показано, что за счет взаимного влияния компонентов смеси поливинилового спирта, Na-карбоксиметилцеллюлозы, тетрабората натрия и зольных наночастиц серебра и золота при формировании полимерного комплекса происходит увеличение динамической вязкости, модуля упругости и уменьшение прочности адгезии по сравнению с исходными полимерами. Проведена сравнительная оценка свойств исследуемых полимерных композитов. Взаимодействие компонентов данной полимерной композиции приводит к изменению химического состава и структуры полимеров, в отличие от исходных полимеров, их смеси нерастворимы в воде. Применение данной композиции с наночастицами серебра возможно в виде полимерных поршней для антимикробной очистки внутренней поверхности труб различного назначения. Композиция с наночастицами серебра или золота может найти применение в медицине в виде пленок в качестве перевязочных и лечебных материалов.

Ключевые слова:

Композиты, наночастицы, динамическая вязкость, модуль упругости, адгезия.

Введение

Межмолекулярные взаимодействия в смесях полимеров быстрее приводят к цели – получению материала с заданными свойствами, чем синтез высокомолекулярных соединений. Поэтому последние годы характерны большим числом исследований взаимодействия различных полимеров, в основном водорастворимых и природного происхождения, так как они безвредны для человека и быстрее поддаются биodeградации.

К настоящему времени имеется достаточно обширный экспериментальный материал по взаимодействию полисахаридов с синтетическими полимерами [1–6]. Полисахариды содержат в своем составе гидроксильные и простые эфирные группы, т. е. являются протонакцепторными полимерами и могут образовывать полимерные комплексы.

Большой интерес представляют работы по изучению свойств полимерных композитов с добавками частиц наноразмерного уровня [7–9] для создания полимерных материалов, обладающих рядом новых свойств. Благодаря набору уникальных физико-химических свойств, которыми обладают наночастицы (НЧ) благородных металлов, а также непрерывному совершенствованию инструментальных методов по их изучению в последнее десятилетие открылись новые прикладные области использования этих объектов. В силу малых линейных размеров НЧ обладают большой удельной поверхностью, высокой емкостью двойного электри-

ческого слоя, химической, биологической активностью. И, как следствие, привлекают внимание как с фундаментальной, так и с практической точек зрения, находят применение в различных областях физики, химии, биологии, медицины, материаловедения и междисциплинарных областей.

Введение наночастиц в полимерную матрицу часто приводит к существенному изменению свойств композиционных изделий [10]. Если образующиеся НЧ оказываются в растворе смеси двух полимеров, способных кооперативно взаимодействовать с поверхностью полимеров, то такие системы могут вести себя по-разному. При отсутствии взаимодействия между молекулами полимеров НЧ могут либо распределяться между полимерными цепями разного строения, либо избирательно связываться с цепями одного из этих полимеров. При хорошей совместимости полимеров происходит формирование межмолекулярных водородных связей, что приводит к изменению свойств и структуры. Ранее были подробно изучены полимерные композиции на основе Na-карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и поливинилового спирта (ПВС) в различных соотношениях и концентрациях [4–6].

Известно [11, 12] о применении неорганических соединений для увеличения вязкости и образования нерастворимых комплексов поливинилового спирта. Для получения более вязких и упру-

гих композиций в полимер вводили водный раствор тетрабората натрия (ТБН), обладающий способностью образовывать межмолекулярные хелатные соединения при взаимодействии гидроксильных групп полимера с борат-ионами.

Из композитов на основе поливинилового спирта и Na-карбоксиметилцеллюлозы можно получить полимерные материалы со специальными свойствами. Данные полимерные композиты используются для очистки от механических примесей трубопроводов различного назначения. Для улучшения санитарно-гигиенического состояния системы водоснабжения, как следствие, для повышения экологической безопасности населения при использовании воды в хозяйственных и бытовых нуждах в качестве наполнителей полимерных композитов предлагается использовать золи серебра. Испытания полимерных композитов, наполненных золями серебра, показали эффективность очистки от микробов 86...90 %. Наночастицы серебра действуют более эффективно, чем ионы серебра. Пленки из полимерных композитов, наполненные НЧ золота или серебра, могут найти применение в медицине в качестве высокоэффективных перевязочных и лечебных материалов благодаря эластичности, прочности и низкой адгезии к раневой поверхности.

Целью работы является получение полимерных композитов (ПК) на основе водных растворов поливинилового спирта и Na-карбоксиметилцеллюлозы с добавкой тетрабората натрия (ТБН) и наполнителей в виде золей наночастиц серебра и золота и изучение их реологических и поверхностных свойств: динамической вязкости, упругости и прочности адгезии.

Экспериментальная часть.

Материалы и методика эксперимента

В работе использовали промышленные образцы ПВС марки 16/1 (г. Невинномысск) и Na-КМЦ марки «Камцел 0» (г. Санкт-Петербург). Молекулярную массу ПВС определяли вискозиметрическим методом по величине характеристической вязкости в дистиллированной воде по формуле $[\eta] = 8,86 \cdot 10^{-4} \cdot M^{0,72}$ при 20 °С, $M = 2 \cdot 10^5$ [13].

Водные растворы ПВС готовили суспендированием в рассчитанном количестве дистиллированной воды, перемешивали и оставляли на 16 часов при $T = 20$ °С, затем нагревали смесь на кипящей водяной бане при перемешивании, до полного растворения полимера. Молекулярную массу Na-КМЦ определяли вискозиметрическим методом по уравнению $[\eta] = 0,233 \cdot 10^{-3} \cdot M^{1,28}$ в 2 % водном растворе NaCl при 20 °С [13], $M = 3,63 \cdot 10^6$. Для приготовления водных растворов Na-КМЦ полимер заливали рассчитанным количеством воды, оставляли для набухания на сутки, затем перемешивали с помощью магнитной мешалки до однородного состояния. Из зависимости логарифма характеристической вязкости от объемной концентрации водных растворов полимеров определены

критические концентрации кроссверов, для ПВС $c_{кр} = 0,7$ г/см³, для Na-КМЦ $c_{кр} = 0,5$ г/см³. В данной работе использовались концентрации равные $c_{кр}$, при которых взаимодействие между полимерами происходит наиболее полно. Смеси полимеров готовили смешением растворов отдельных компонентов в дистиллированной воде в соответствующих пропорциях, для Na-КМЦ и ПВС был обнаружен максимум при 50 % Na-КМЦ и 50 % ПВС [2, 8].

Золи НЧ золота и серебра получали путем химического восстановления золотохлористоводородной кислоты и нитрата серебра в водных растворах, используя в качестве восстановителей борогидрид и цитрат натрия при отсутствии высокомолекулярных стабилизаторов. Растворы смешивали таким образом, чтобы концентрация $AuCl_4^-$ и Ag^+ в исходной смеси составила $1 \cdot 10^{-4}$ М. Приготовление золей проводили при нагревании смеси до 70–100 °С в течение 10–15 минут. Золи золота интенсивного розового цвета, золи серебра желтого. Для контроля за процессом взаимодействия компонентов в смесях водных растворов Na-КМЦ и ПВС выбран вискозиметрический метод, как наиболее простой и достаточно информативный.

Динамическую вязкость растворов определяли с использованием прибора «Реотест-2», на устройстве цилиндр–цилиндр. По изменению сдвигающего напряжения τ и скорости сдвига D проводили вычисление динамической вязкости: $\eta = (\tau/D)100$, где η – динамическая вязкость (Па·с); τ – сдвиговое напряжение (10^{-1} Па); D – скорость сдвига (c^{-1}). В табл. 1 приведены значения динамической вязкости и напряжения сдвига для водных растворов Na-КМЦ и ПВС при $T = 20$ °С.

Таблица 1. Динамическая вязкость и напряжение сдвига для водных растворов Na-карбоксиметилцеллюлозы и поливинилового спирта при $T = 20$ °С

Table 1. Dynamic viscosity and shear stress for water solutions of Na-carboxymethyl cellulose (CMC) and polyvinyl alcohol (PVA) at $T = 20$ °С

Na-КМЦ, г/см ³ Na-CMC, g/cm ³	η , мПа·с η , mPa·s	τ , Па τ , Pa	ПВС, г/см ³ PVA, g/cm ³	η , мПа·с η , mPa·s	τ , Па τ , Pa
0,4	0,175	28,45	0,4	0,14	22,76
0,5	0,561	91,04	0,5	0,21	34,14
0,6	0,597	96,73	0,6	0,31	51,21
0,7	0,667	108,1	0,7	0,42	69,28
0,8	0,772	125,1	0,8	0,56	91,04

Вязкость полимерных композитов определяли на устройстве конус–плита при скорости сдвига от 0,56 до 4800 с.

Модуль упругости (E) определяли методом пенетрации шарообразного индентора [14], т. е. измерением глубины его внедрения под нагрузкой в упругие тела, что фактически дает значение модуля. Расчет модуля упругости проводили по формуле: $E = 3F/16h^{3/2}R^{1/2}$, где F – сила, действующая на индентор; h – глубина внедрения (м) шарообразного индентора радиуса R (м) в плоскую поверхность образца.

Прочность адгезии полимерных композитов измеряли методом перпендикулярного отрыва металлического кольца от поверхности полимерного композита [15, 16]. Расчет прочности адгезии проводили по формуле: $W_{отр} = F_{отр}/S$, где S – площадь контакта адгезива с субстратом (м^2); $F_{отр}$ – адгезия отрыва (Н/м^2).

Результаты и обсуждение

Первоначально была приготовлена полимерная композиция из водных растворов полимеров Na-КМЦ и ПВС с концентрацией равной $C_{\text{крит}}$ в соотношении 1:1, при перемешивании с помощью магнитной мешалки в течение 10 минут был получен вязкий прозрачный гель, который выдерживали 1 час, и проводили измерения динамической вязкости, модуля упругости и прочности адгезии. Данные начальных измерений полимерных смесей приведены в табл. 2. Измерения ПК проводились в течение 45 суток, динамическая вязкость полимерной композиции увеличилась от 0,08 до 3,47 мПа·с, модуль упругости до 1,23 Па. Прочность адгезии претерпевала такие же изменения, как в работе [9], то есть сначала увеличивалась, достигала максимума, а затем уменьшилась практически до нуля при $T=20^\circ\text{C}$.

Вклад в адгезионное взаимодействие поверхностных молекул является определяющим [15]. В формировании адгезии может принимать участие водородная связь. На начальной стадии взаимодействия между субстратом и адгезивом взаимодействуют сами полимеры, поскольку имеется широкий набор водородных связей различной прочности, такие водородные связи имеют место при сольватации гидроксила ПВС несколькими молекулами воды. Водные растворы ПВС содержат большое количество воды, происходит образование и разрыв водородных связей полимер–полимер и полимер–вода, их влияние на структуру полимера представляет значительный интерес [17].

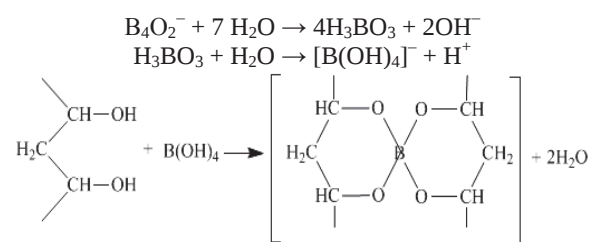
С увеличением вязкости ПК прочность адгезии уменьшается, так как имеет место релаксация внутренних напряжений, при их росте прочность адгезии снижается, это связано с изменением структуры адгезива [18].

Таким образом, при взаимодействии растворов Na-КМЦ и ПВС с концентрациями равными $C_{\text{крит}}$ происходит увеличение динамической вязкости, модуля упругости и снижение прочности адгезии, что подтверждает образование ПК между Na-КМЦ и ПВС в результате образования водородной связи между гидроксильной группой ПВС и карбоксильной группой Na-КМЦ [1–3]. Свой вклад вносит и конкуренция взаимодействия полимер–полимер и полимер–растворитель, возможно образование гидрофобных связей. В смеси полимеров образуется смешанная система Н-связей.

Попытки показать количественно образование Н-связей на ИК-спектрах классическим методом на «пропускание» (ИК-Фурье спектрометр Nicolet

5700) оказались безуспешными из-за большой толщины пленок. Дополнительно были получены спектры ПК на «отражение» с помощью приставки НПВО с призмой из ZnSe, из которых прослеживается тенденция смещения и уширения полосы поглощения гидроксильных групп по мере увеличения вязкости и упругости, что свидетельствует об увеличении количества водородных связей.

Известно [11, 12], что водный раствор ПВС легко превращается в гидрогель при добавлении тетрабората натрия, вследствие образования межмолекулярного хелатного соединения при взаимодействии гидроксильных групп полимера с борат-ионами:



Эти гидрогели являются слабосшитыми и сильнонабухшими в воде материалами.

Для приготовления композиции из смеси полимеров с ТБН к водному раствору ПВС добавляли заданное количество раствора Na-КМЦ при перемешивании на магнитной мешалке, затем к смеси полимеров добавляли по каплям 1%-й водный раствор ТБН в соотношении 1:10 при $20 \pm 1^\circ\text{C}$. После получения однородной прозрачной композиции и выдержки в течение 1 часа проводили измерения динамической вязкости, модуля упругости и прочности адгезии. Эти полимерные композиты оказались более вязкими, с большим модулем упругости, видимо, за счет не только межмолекулярных водородных связей, но и внутримолекулярных.

В качестве наполнителей полимерных композиций использовали золи наночастиц серебра и золота.

Композиции с наполнителями готовили, добавляя золь НЧ в водный раствор ПВС при перемешивании в соотношении 1:1 от массы ИПК, далее добавляли раствор Na-КМЦ и ТБН. Для приготовления полимерных комплексов с золями серебра или золота концентрацию исходных полимеров увеличивали до 1,0 г/см³ для Na-КМЦ и до 1,4 г/см³ для ПВС.

На рис. 1 показаны зависимости динамической вязкости полимерных композитов ПВС с Na-КМЦ и ТБН без наполнителя и с наполнителями в виде золей золота и серебра от времени структурообразования. Измерения проводились в течение 45 суток. Из данных видно, что в течение этого времени происходит изменение динамической вязкости, которая увеличивалась для всех ПК, больше всего для ПК с золем серебра от 1,73 до 9,25 мПа·с, далее же происходит незначительное увеличение измеряемых величин.

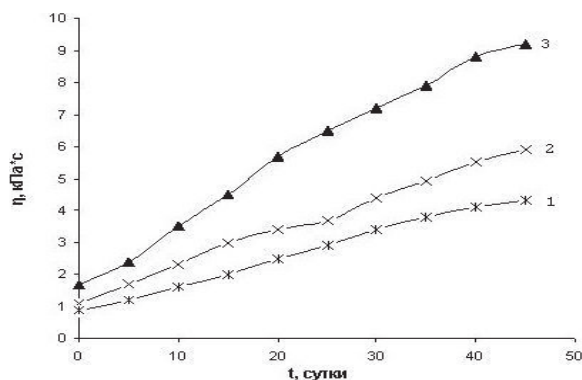


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости от времени структурообразования ПК на основе поливиниловый спирт – натрий-карбоксиметилцеллюлоза – тетраборат натрия без наполнителей (1) и с наполнителями (2 – золь золота, 3 – золь серебра)

Fig. 1. Dependence of dynamic viscosity on time of polymer composites (PC) structure formation based on PVA – Na-CMC – sodium tetraborate (STB) without fillers (1) with fillers (2 – gold sol, 3 – silver sol)

Динамику изменения модуля упругости ПК можно проследить с течением времени и в зависимости от вида наполнителя. На рис. 2 показаны зависимости модуля упругости полимерных композитов ПВС – Na-КМЦ – ТБН без наполнителя и с наполнителями в виде золь золота или серебра от времени структурообразования. Измерения проводились в течение 45 суток. Наибольшее увеличение модуля упругости наблюдается для композита с наполнителем – золь серебра, от 0,86 до 4,97 кПа.

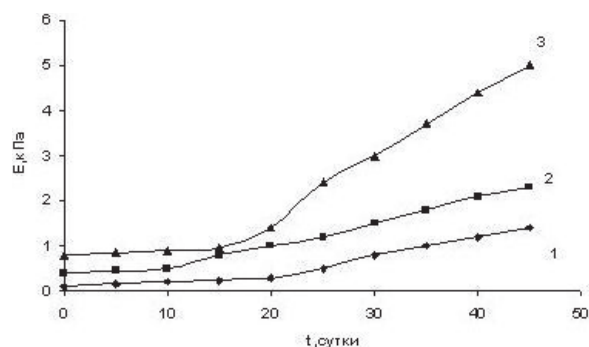


Рис. 2. Зависимость модуля упругости Юнга от времени структурообразования ПК на основе поливиниловый спирт – натрий-карбоксиметилцеллюлоза – тетраборат натрия без наполнителей (1) и с наполнителями (2 – золь золота, 3 – золь серебра)

Fig. 2. Dependence of Young's modulus on time of PC structure formation based on PVA – Na-CMC – sodium tetraborate (STB) without fillers (1) with fillers (2 – gold sol, 3 – silver sol)

Изменение реологических свойств наполненных и ненаполненных полимерных композитов наблюдалось во время всего эксперимента.

Измерения прочности адгезии показали, что на начальной стадии процесса, между полимерами и металлической пластинкой имеется большое число контактов, прочность адгезии увеличивается. Но по мере того, как происходит образование водо-

родных связей, увеличение динамической вязкости и модуля упругости, начинается рост надмолекулярных глобул, причем на поверхности это происходит быстрее, чем в полимерном теле. Видимо, это происходит за счет дополнительного образования межмолекулярных хелатных соединений и выхода на поверхность полимерного комплекса НЧ серебра или золота, введение ТБН и наночастиц способствует формированию поверхности композитов с меньшей прочностью адгезии, рис. 3.

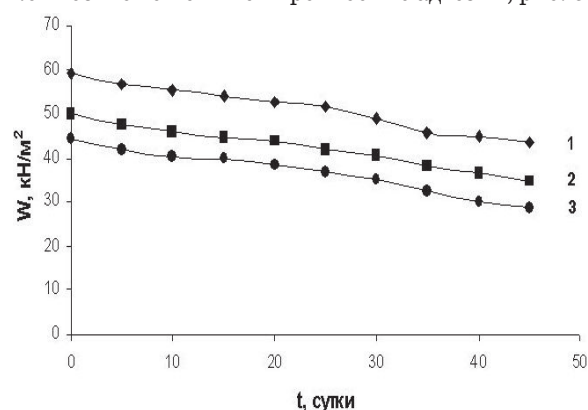


Рис. 3. Зависимость прочности адгезии от времени структурообразования ПК на основе поливиниловый спирт – натрий-карбоксиметилцеллюлоза – тетраборат натрия без наполнителей (1) и с наполнителями (2 – золь золота, 3 – золь серебра)

Fig. 3. Dependence of adhesion strength on time of PC structure formation based on PVA – Na-CMC – sodium tetraborate (STB) without fillers (1) with fillers (2 – gold sol, 3 – silver sol)

В табл. 2 показаны начальные значения динамической вязкости, модуля упругости и прочности адгезии для ПК с наполнителями и без.

Таблица 2. Начальные значения динамической вязкости, модуля упругости и прочности адгезии для ПК

Table 2. Initial data of dynamic viscosity, Young's modulus and adhesion strength for PC

ПК/PC	Динамическая вязкость, мПа·с Dynamic viscosity, mPa·s	Модуль упругости, Па Young's modulus, Pa	Адгезионная прочность, Н/м² Adhesion strength, N/m²
Na-КМЦ-ПВС Na-CMC-PVA	0,08	0,02	52
Na-КМЦ-ПВС-ТБН Na-CMC-PVA-STB	0,95	0,12	49,9
Na-КМЦ – ПВС – ТБН – золь серебра Na-CMC – PVA – STB – silver sol	1,73	0,86	44,1
Na-КМЦ – ПВС – ТБН – золь золота Na-CMC – PVA – STB – gold sol	1,15	0,47	48,0

У ПК с золем золота значения реологических свойств несколько ниже, чем с золем серебра, и выше значения поверхностных свойств. Возможно,

это связано с тем, что полимерные комплексы наиболее устойчивы в нейтральной и слабощелочной среде, золи серебра имеют $pH=8-9$, а золи золота имеют $pH=3-4$, что затрудняет образование водородных связей, и структурообразование происходит слабее.

Выводы

1. Получены полимерные комплексы на основе поливинилового спирта с добавками Na-карбоксиметилцеллюлозы, тетрабората натрия и золь наночастиц серебра или золота. Проведена сравнительная оценка свойств исследуемых полимерных композитов и показано, что при формировании полимерного комплекса за счет взаимного влияния компонентов происходит

увеличение динамической вязкости, модуля упругости и уменьшение прочности адгезии полимерных композитов.

2. Взаимодействие компонентов данной полимерной композиции приводит к изменению химического состава и структуры полимеров, в отличие от исходных полимеров, их смеси нерастворимы в воде.
3. Применение данной композиции с наночастицами серебра возможно в виде полимерных поршней для антимикробной очистки внутренней поверхности труб различного назначения. Композиция с наночастицами серебра или золота может найти применение в медицине в виде пленок в качестве перевязочных и лечебных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочек А.М., Шевчук И.Л., Калужная Л.М. Свойства водных растворов смесей карбоксиметилцеллюлозы разной степени ионизации с поливиниловым спиртом // Журнал прикладной химии. – 2010. – Т. 83. – Вып. 4. – С. 660–665.
2. Свойства пленок и гелей, приготовленных из смесей Na-КМЦ с синтетическими полимерами / Т.Е. Князева, И.В. Мясникова, В.В. Медведева, Ю.Д. Семчиков // Высокомолекулярные соединения. – 2006. – Т. 48. – № 5. – С. 864–868.
3. Интерполимерные комплексы метилцеллюлозы с поликарбонными кислотами в водных растворах / Г.А. Мун, Э.С. Нуркева, В.В. Хуторянский, Р.А. Мангазбаева // Высокомолекулярные соединения. – 2001. – Т. 43. – № 3. – С. 552–556.
4. Наполненная вязкоупругая гелеобразная композиция: пат. 2280658 Рос. Федерация, № 2004108611/04, заявл. 22.03.2004; опубл. 27.07.2006, Бюл. № 21. – 67 с.
5. Труфакина Л.М., Кудешова Е.Г. Реологические свойства смесей полуразбавленных и концентрированных растворов поливинилового спирта и карбоксиметилцеллюлозы // Инженерно-физический журнал. – 2003. – Т. 76. – № 3. – С. 55–58.
6. Труфакина Л.М. Вязкоупругость и свойства поверхности смесей водных растворов поливинилового спирта и карбоксиметилцеллюлозы // Журнал прикладной химии. – 2006. – Т. 79. – Вып. 12. – С. 2037–2039.
7. Свойства водных растворов карбоксиметилцеллюлозы с добавками наночастиц и композиционных пленок на их основе / А.М. Бочек, Н.М. Забавалова, В.Е. Юдин, И.В. Гофман и др. // Высокомолекулярные соединения. – 2011. – Т. 53. – № 12. – С. 2085–2093.
8. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. Основные направления фундаментальных ориентированных исследований в области наноматериалов // Успехи химии. – 2009. – Т. 78. – № 9. – С. 867–887.
9. Адъюнктивные свойства наночастиц золота / Л.А. Дыкман, С.А. Староверов, В.А. Богатырев, С.Ю. Щеголев // Российские нанотехнологии. – 2010. – Т. 5. – № 11–12. – С. 58–65.
10. Взаимное усиление комплексообразующих свойств компонентов в тройных системах, включающих наночастицы меди, полиакриловую кислоту и полиэтиленгликоль / Г.Ю. Остаева, И.М. Паписов, Е.Д. Селищева, Д.Е. Арбузов // Высокомолекулярные соединения. – 2010. – Т. 52. – № 2. – С. 336–340.
11. Ушаков С.Н. Поливиниловый спирт и его производные. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 324 с.
12. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. – Л.: Химия, 1979. – 41 с.
13. Энциклопедия полимеров. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1972. – Т. 1. – 954 с.
14. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. – М.: Химия, 1978. – 310 с.
15. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. – М.: Химия, 1977. – 352 с.
16. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1974. – 391 с.
17. Буслов Д.К., Сушко Н.И., Третьяков О.Н. Исследование водородных связей в слабо гидратированных пленках поливинилового спирта методом инфракрасной спектроскопии // Высокомолекулярные соединения. – 2011. – Т. 53. – № 12. – С. 2035–2042.
18. Фельдштейн М.М. Адгезионные гидрогели: структура, свойства и применение // Высокомолекулярные соединения. – 2004. – Т. 46. – № 11. – С. 1905–1936.

Поступила 05.06.2014.

UDC 541.64, 532.74, 620.184.4, 532.1.0135

PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITES ON THE BASIS POLYVINYL ALCOHOL

Ludmila M. Trufakina,

Cand. Sc., Institute of Petroleum Chemistry of SB RAS,
4, Akademicheskoy avenue, Tomsk, 634021, Russia. E-mail: lmt@ipc.tsc.ru

The urgency of the discussed issue is caused by the increase interest of obtaining and using the polymer compositions with nanoparticles of silver and gold, possessing a number of specific properties for biomedicine researches like a material for tissues and cell engine-

ering, medicine substance with controlled secrete of drugs, in electronic and other fields of engineering. The paper demonstrates the possibility to get polymer composites based on polyvinyl alcohol with Na-carboxymethyl cellulose and natrium tetraborate and fillers in the form of sols of silver and gold nanoparticles.

The main aim of the study is to obtain polymer compositions based on water solutions of polyvinyl alcohol and Na-carboxymethyl cellulose adding natrium tetraborate and fillers in the form of sols of silver and gold nanoparticles; to study their rheological and surface properties: dynamic viscosity, module elasticity and adhesion strength.

The methods used in the study: viscosimetric study of polymer composites was carried out on rheoviscosimeter Rheotest-2; elasticity module was defined by the method of spherical indenter penetration; adhesion strength was studied by the method of metal ring perpendicular separation from polymer body surface. The author has determined the quantity of hydrogen bonds in polymer composites by Infra-Red spectral method on spectrometer Nicolet 5700.

The results: It was shown for the first time that while forming polymer complex the dynamic viscosity and elasticity module increase and adhesion strength decreases in comparison with the initial polymers due to interdependent influence of the components in the mixture of polyvinyl alcohol, Na-carboxymethyl cellulose, natrium tetraborate and sols of silver and gold nanoparticles. The author carried out the comparative estimation of the properties of the polymer composites. The interaction of the polymer composition results in change of chemical composition and structure of polymers in comparison with the initial ones; their mixtures are water-insoluble. It is possible to use this composition with silver nanoparticles in the form of polymer pigs for antibacterial cleaning of inside surface of pipelines for different purposes. The polymer compositions with silver and gold nanoparticles can find application in medicine in the form of films for dressing and medical materials.

Key words:

Composition, nanoparticles, dynamic viscosity, module of elasticity, adhesion.

REFERENCES

- Bochek A.M., Shevchuk I.L., Kalyuzhnaya L.M. Svoystva vodnykh rastvorov smesey karboksimitilsellyulozy raznoy stepeni ionizatsii s polivinilovym spirtom [Properties of water solutions in mixtures of carboxymethyl cellulose of different ionization degree with polyvinyl alcohol]. *Zhurnal prikladnoy khimii*, 2010, vol. 83, no. 4, pp. 660–665.
- Knyazeva T.E., Myasnikova I.V., Medvedeva V.V., Semchikov Yu.D. Svoystva plenok i geley prigotovlennykh iz smesey Na-KMC s sinteticheskimi polimerami [Properties of films and gels produced from mixtures of Na-KMC with synthetic polymers]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2006, Ser. B, vol. 48, no. 5, pp. 864–868.
- Mun G.A., Nurkeeva E.S., Hutoryanskii V.V., Mangazbaeva R.A. Interpolimernye komplekсы metilsellyulozy s polikarbonovymi kislottami v vodnykh rastvorakh [Interpolymer complexes of methyl cellulose with polycarboxylic acids in water solutions]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2001, Ser. B, vol. 43, no. 3, pp. 552–556.
- Trufakina L.M. *Naplnennaya vyazkouprugaya geleobraznaya kompozitsiya* [Filled visco-elastic gel composition]. Patent RF no. 2280658, 2006.
- Trufakina L.M., Kudeshova E.G. Reologicheskie svoystva smesey polurazbavlenykh i kontsentririrovannykh rastvorov polivinilovogo spirta i karboksimitilsellyulozy [Rheological properties of mixtures of semidiluted and strong solutions of polyvinyl alcohol and carboxymethyl cellulose]. *Inzhenerno-fizichesky zhurnal*, 2003, vol. 76, no. 3, pp. 55–58.
- Trufakina L.M. Vyazkost i svoystva poverkhnosti smesey vodnykh rastvorov polivinilovogo spirta i karboksimitilsellyulozy [Viscosity and properties of surface of mixtures of polyvinyl alcohol and carboxymethyl cellulose water solutions]. *Zhurnal prikladnoy khimii*, 2006, vol. 79, no. 12, pp. 2037–2039.
- Bochek A.M., Zabivalova N.M., Yudin V.E., Gofman I.V. Svoystva vodnykh rastvorov karboksimitilsellyulozy s dobavkami nanochastits i kompozitsionnykh plenok na ikh osnove [Properties of water solutions of carboxymethyl cellulose with nanoparticles and composite films on their base]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2011, Ser. A, vol. 53, no. 12, pp. 2085–2093.
- Tretykov Yu.D., Gudilin E.A. Osnovnye napravleniya fundamentalnykh i orientirovannykh issledovaniy v oblasti nanomaterialov [The principle areas of fundamental and oriented researches in the field of nanomaterials]. *Uspekhi khimii*, 2009, vol. 78, no. 9, pp. 867–887.
- Dykman L.A., Staroverov S.A., Bogatyrev V.A., Shchegolev S.Yu. Adyuktivnye svoystva nanochastits zolota [properties of gold nanoparticles]. *Rossiiskie nanotekhnologii*, 2010, vol. 5, no. 11–12, pp. 58–65.
- Ostaeva G.Yu., Papisov I.M., Selishcheva E.D., Arbuzov D.E. Vzaimnoe usilenie kompleksobrazuyushchikh svoystv komponentov v troynnykh sistemakh, vkluchayushchikh nanochastitsy medi, poliakrilovoy kisloty i polietilenglikol [Synergy of complexing properties of components in triple systems including nanoparticles of copper, polyacrylic acid and polyethylene glycol]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2010, Ser. B, vol. 52, no. 2, pp. 336–340.
- Ushakov S.N. *Polivinilovyy spirt i ego proizvodnye* [Polyvinyl alcohol and its derivatives]. Moscow, AN SSSR Publ., 1960. Vol. 1, 324 p.
- Nikolaev A.F., Okhrimenko G.I. *Vodorastvorimyye polimery* [Water soluble polymers]. Leningrad, Khimiya Publ., 1979. 41 p.
- Entsiklopediya polimerov* [Encyclopedia of polymers]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1972. Vol. 1, 954 p.
- Nilsen L. *Mekhanicheskie svoystva polimerov i polimernykh kompozitsiy* [Mechanical properties of polymers and polymer compositions]. Moscow, Khimiya Publ., 1978. 310 p.
- Zimon A.D. *Adgeziya plenok i pokrytye* [Adhesion of films and coatings]. Moscow, Khimiya Publ., 1977. 352 p.
- Berlin A.A., Basin B.E. *Osnovy adgezii polimerov* [Fundamentals of polymer adhesion]. Moscow, Khimiya Publ., 1974. 391 p.
- Buslov D.K., Sushko N.I., Tretinnikov O.N. Issledovanie vodorodnykh svyazey v slabo gidratirovannykh plenках polivinilovogo spirta metodom infrakrasnoy spektroskopii [Study of hydrogen bonds in weakly hydrated films of polyvinyl alcohol by Infra-red spectroscopy]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2011, Ser. A, vol. 53, no. 12, pp. 2035–2042.
- Feldshteyn M.M. Adgezionnye gidrogeli: struktura, svoystva i primeneniye [Adhesive gels: structure, properties and application]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2004, Ser. A, vol. 46, no. 11, pp. 1905–1936.

Received: 05 May 2014.