

УДК 544.777

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЯЗКОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ Na-КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

© *И.Е. Стась*, И.А. Батищева*

*Алтайский государственный университет, пр. Ленина, 61, Барнаул, 656049
(Россия), e-mail: irinastas@gmail.com*

Изучено влияние pH на относительную вязкость разбавленных растворов Na-КМЦ. Показано ее монотонное увеличение с ростом pH. Измерения проведены в интервале температур 5–30 °С. На основании зависимости относительной вязкости от температуры определены температурные коэффициенты вязкости и энергия активации вязкого течения растворов полимера. Показано увеличение энергии активации в щелочных растворах Na-КМЦ. Установлено увеличение относительной вязкости растворов при использовании в качестве растворителя воды, подвергшейся воздействию электромагнитного поля частотой 170 МГц. Эффект наблюдается при всех использованных в работе значениях pH и температуры. Максимальное увеличение вязкости 0.1% растворов наблюдается при температуре 15 °С и pH = 12 и составляет 16.5%. При увеличении концентрации полимера с 0.1 до 0.5% также наблюдаются более высокие значения вязкости растворов, приготовленных на облученной электромагнитным полем воде, по сравнению с контрольными образцами. Установлено также повышение энергии активации вязкого течения растворов, приготовленных на облученной воде. Причиной наблюдаемых явлений может быть ослабление сольватационных процессов в облученной воде и увеличение жесткости цепи макромолекул.

Ключевые слова: карбоксиметилцеллюлозы натриевая соль, относительная вязкость, кислотность среды, энергия активации, электромагнитное поле.

Введение

В настоящее время все больший интерес ученых вызывает изучение изменения свойств водных растворов и дисперсий полимеров природного и искусственного происхождения в результате полевых воздействий. Установлено влияние низкоинтенсивного КВЧ-излучения (27–120 ГГц) на процессы структурирования воды и водных растворов аминокислот [1]. Изучено влияние электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на формирование частиц в водных растворах негидролизованного полиакриламида. Показано, что разогрев образца способствует появлению крупных надмолекулярных частиц [2]. Рассмотрена возможность использования разрядно-импульсных технологий в пищевой промышленности с целью повышения гидратации биополимеров и улучшения физико-химических свойств продуктов. Применение импульсного высоковольтного электрического заряда при обработке воды позволяет достичь электрогидравлического эффекта, благодаря которому происходит перестройка в структуре воды [3]. Изучено влияние электромагнитного поля СВЧ диапазона на морфологию водных растворов поливинилового спирта [4]. На примере ряда волокнистых полимерных материалов – вискозы, полиакрилонитрила, полиамида, хлопковой целлюлозы, натуральной шерсти – доказано влияние импульсного магнитного поля с максимальной напряженностью $H_m \sim 5.5$ кЭ (440 А/м) на степень изменения механической прочности волокон [5].

Методом поляризованной люминесценции обнаружено изменение степени поляризации ряда полимерных пленок: полидифениленфталата, полиарилефталидкетона, полистирола, полиметилметакрилата, полибутилме-

Стась Ирина Евгеньевна – кандидат химических наук, доцент кафедры физической и неорганической химии, e-mail: irinastas@gmail.com

Батищева Ирина Аркадьевна – студент, e-mail: irinastas@gmail.com

* Автор, с которым следует вести переписку.

такрилата, поливинилхлорида, полиэтилена, а также парафина, сформированных в постоянных и импульсных магнитных полях [6]. Все большую актуальность приобретают методы высокочастотной и КВЧ-терапии при лечении органов дыхания и кровообращения. В основе таких исследований также лежит идея о взаимосвязи надмолекулярной организации воды и растворенных в ней биоорганических молекул [7–10].

Проведенные ранее исследования показали, что воздействие низкоинтенсивного электромагнитного поля (ЭМП) ультравысоких частот (30–300 МГц) существенно изменяет свойства воды, обусловленные ее структурной организацией – скорости и теплоты испарения, поверхностного натяжения, работы адгезии [11]. Степень изменения указанных свойств зависит от частоты ЭМП и времени экспозиции. Вода сохраняет измененные свойства на протяжении недель и месяцев. Изменение межмолекулярного взаимодействия в водной среде не может не сказаться на характере и степени ее взаимодействия с молекулами растворенного вещества, в том числе полимера. Так, в наших работах было установлено изменение степени набухания желатина и вязкости его растворов при использовании в качестве растворителя воды, подвергшейся воздействию ЭМП [12, 13]. Было обнаружено снижение вязкости и мутности щелочных растворов низкозамещенной карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), приготовленных с помощью такой воды, по сравнению с контрольными образцами [14]. Обнаружено изменение вязкостных характеристик и оптических свойств облученных ЭМП растворов КМЦ и Na-КМЦ [15, 16].

Цель данной работы – установление зависимости относительной вязкости растворов Na-КМЦ и эффективности влияния на нее электромагнитного поля от температуры и pH среды, а также концентрации раствора.

Карбоксиметилцеллюлоза и ее натриевая соль (Na-КМЦ) представляют собой производное целлюлозы, в которой карбоксилметильная группа ($-\text{CH}_2\text{COOH}$) соединяется с гидроксильными группами глюкозных мономеров. Ее молекулы имеют линейное строение, а за счет образующихся внутримолекулярных водородных связей образуют жесткоцепную структуру [17]. Натриевая соль КМЦ относится к полиэлектролитам, так как диссоциация ионогенных групп приводит к образованию отрицательно заряженных макроионов. Свойства растворов полиэлектролита определяются сложным характером ионных взаимодействий, происходящих в растворе. Фиксированное расположение ионогенных групп в макромолекуле, дискретность распределения заряда, несоизмеримость чисел зарядов полимерного и низкомолекулярного ионов, их различная вероятность взаимного распределения в растворе – факторы, которые влияют на специфику ионизации полимерной молекулы [18].

Наиболее ярко влияние зарядов проявляется при изучении вязкостных свойств полиэлектролитов [19].

Экспериментальная часть

В качестве образца полимера использовали Na-КМЦ производителя ООО ПКФ «Полиэкс-Сибирь» (марка 75/400), с содержанием карбоксиметильных групп 20.7%. Исходный полимер очищали 96%-ным этиловым спиртом, подкисленным 90%-ной уксусной кислотой (pH = 5), до отрицательной реакции на щелочь по фенолфталеину и на хлорид-ионы с раствором нитрата серебра. Полимер высушивали до постоянной массы при температуре 120 °С. Определение количества карбоксиметильных групп проводили с помощью кондуктометрического титрования соляной кислотой. В работе использована вода, очищенная с помощью ионитов и обратного осмоса на деионизаторе воды ДВ-301 с удельной электропроводностью $1.8 \cdot 10^{-4}$ См/м и pH = 6.3. Облучение воды проводили в ячейке емкостного типа с аксиально расположенными ВЧ-электродами с помощью генератора высокочастотных сигналов Г4-119А с выходной мощностью 1 Вт. Конструкция ячейки приведена в [11]. Напряжение на ВЧ-электродах составляло 20–22 В. Облучение воды проводили полем частотой 170 МГц в течение 3 ч. Выбор частоты и времени облучения воды обусловлен ранее проведенными экспериментами [11], показавшими, что максимальное изменение свойств воды (электропроводности, pH, поверхностного натяжения и т.д.) происходит в результате воздействия ЭМП указанной частоты и продолжительности.

В работе использованы растворы Na-КМЦ с концентрацией 0.1–0.5%. Выбор концентраций обусловлен растворимостью полимера – максимально 0.5% при pH = 3 (в кислой среде растворимость Na-КМЦ снижается из-за перехода в H-форму). Для приготовления растворов использовали необлученную и облученную ЭМ полем воду. Навеску образца Na-КМЦ требуемой массы, взятой с погрешностью ± 0.002 г, переносили в коническую колбу емкостью 200 мл и наливали 150 мл необлученной или облучен-

ной ЭМП воды. Колбы плотно закрывали и помещали в лабораторный встряхиватель. Содержимое колбы перемешивали до образования однородной системы. Затем полученный раствор переливали в мерную колбу на 250 мл и доводили его объем до метки. Из полученного раствора готовили серию растворов Na-КМЦ с различными значениями pH. Необходимое значение pH создавали путем добавления 0.1M растворов HCl или NaOH. Объем добавленных растворов не превышал 0.2 мл, т.е. концентрация растворов Na-КМЦ при этом практически не изменялась. Кислотность среды определяли с помощью pH-метра с точностью ± 0.02 ед. pH. Аналогично готовили контрольные образцы.

Относительную вязкость полученных растворов определяли с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-2 ($d = 1.31$ мм). Число измерений равнялось 10 в каждой из 2 серий параллельных экспериментов. Необходимую температуру поддерживали с помощью термостата ТЖ-ТБ-01 (точность поддержания температуры ± 0.1 °C). Измерения проведены в интервале температур 5–30 °C. Энергию активации вязкого течения жидкости рассчитывали из тангенса угла наклона температурной зависимости вязкости в аррениусовых координатах $\ln \eta - 1000/T$:

$$\ln \eta = \ln \beta + \frac{E}{R} \cdot \frac{1000}{T},$$

где η – относительная вязкость, β – предэкспоненциальный множитель, E – энергия активации, R – газовая постоянная, T – температура, К.

Обсуждение результатов

Определена зависимость вязкости 0.1% растворов Na-КМЦ от pH и температуры в интервале 5–30 °C с шагом 5°. На рисунке 1 и в таблице 1 представлены полученные результаты. Показано, что независимо от температуры вязкость 0.1% растворов Na-КМЦ возрастает с увеличением pH. На фоне монотонного возрастания вязкости при увеличении pH на экспериментальных кривых наблюдаются два более или менее хорошо выраженных минимума при pH = 7 и 9. Вязкость растворов, приготовленных на облученной воде, при всех изученных температурах и значениях pH превышает вязкость контрольных образцов – максимумно на 16.5% при температуре 15 °C и pH = 12.

При увеличении температуры вязкость изученных растворов снижается (рис. 2а,б), причем для облученных растворов в большей степени, о чем свидетельствуют значения температурных коэффициентов γ , представленных в таблице 2. Максимальное значение γ соответствует pH = 10 и 12. Для облученных систем наблюдается монотонное возрастание температурного коэффициента при увеличении pH. Для контрольных образцов четкой закономерности не обнаружено. Следует также отметить, что зависимость вязкости от температуры в большей степени выражена для щелочных растворов полимера.

Оценивая эффективность электромагнитного воздействия, можно отметить отсутствие четкой зависимости от pH и температуры при значениях pH < 7. Так, при pH = 3 максимальное увеличение вязкости облученных растворов наблюдается при температурах 10–20 °C, pH = 4 – при температуре 30 °C, pH = 5 – при температуре 5 °C. При pH > 7 для всех изученных систем максимальный эффект электромагнитного воздействия достигается при температуре 15 °C (рис. 3).

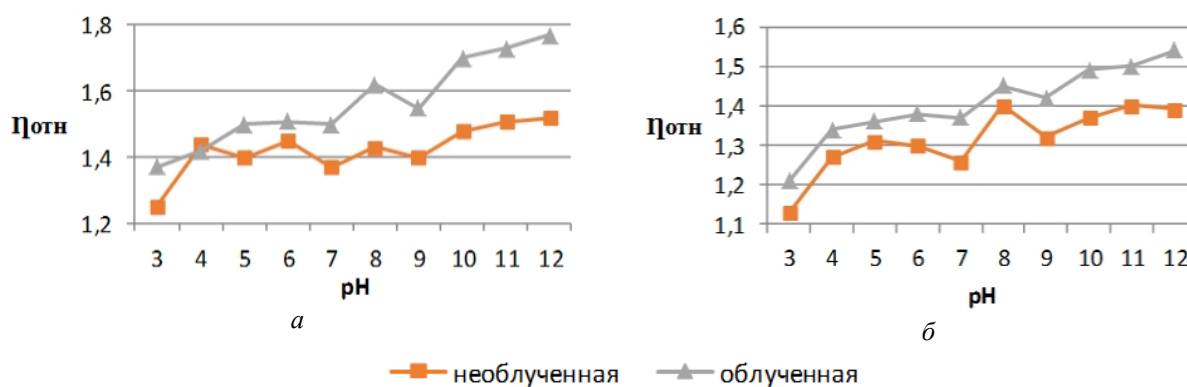


Рис. 1. Зависимость относительной вязкости необлученных и облученных 0.1% растворов Na-КМЦ от pH при температуре: а) 15 °C; б) 25 °C

Таблица 1. Зависимость относительной вязкости необлученных и облученных 0.1% растворов Na-КМЦ от рН при различных температурах

рН	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$										
$\eta_{\text{отн(необл)}}$	1.37	1.55	1.56	1.59	1.65	1.63	1.62	1.68	1.69	1.70
$\eta_{\text{отн(обл)}}$	1.45	1.56	1.70	1.69	1.66	1.77	1.75	1.80	1.82	1.86
$\Delta\eta, \%$	5.84	0.65	8.97	6.29	0.61	8.59	8.02	7.14	7.69	9.41
$t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$										
$\eta_{\text{отн(необл)}}$	1.28	1.46	1.51	1.56	1.48	1.51	1.50	1.61	1.60	1.63
$\eta_{\text{отн(обл)}}$	1.39	1.49	1.58	1.60	1.58	1.66	1.60	1.72	1.75	1.83
$\Delta\eta, \%$	8.59	2.05	4.64	2.56	6.76	9.33	6.67	6.83	9.38	12.3
$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$										
$\eta_{\text{отн(необл)}}$	1.22	1.31	1.35	1.36	1.31	1.41	1.37	1.41	1.45	1.47
$\eta_{\text{отн(обл)}}$	1.35	1.37	1.41	1.44	1.41	1.48	1.49	1.56	1.60	1.64
$\Delta\eta, \%$	10.7	4.58	4.44	5.88	7.63	4.96	8.76	10.6	10.3	11.6
$t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$										
$\eta_{\text{отн(необл)}}$	1.10	1.18	1.28	1.21	1.23	1.30	1.27	1.30	1.33	1.36
$\eta_{\text{отн(обл)}}$	1.13	1.28	1.33	1.32	1.31	1.38	1.36	1.39	1.41	1.43
$\Delta\eta, \%$	2.72	8.47	3.91	7.44	6.50	6.15	7.09	6.92	6.02	5.15

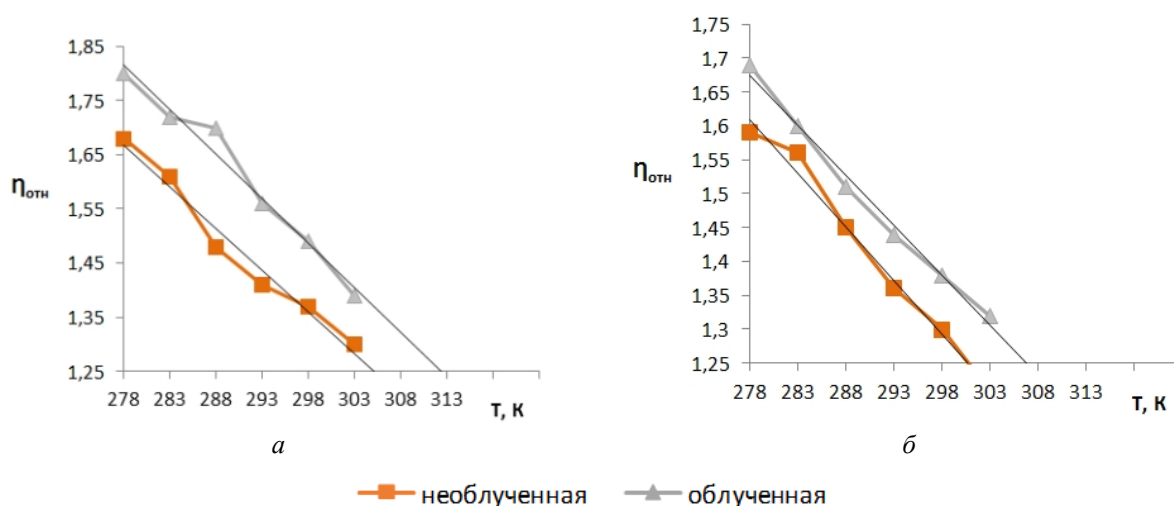
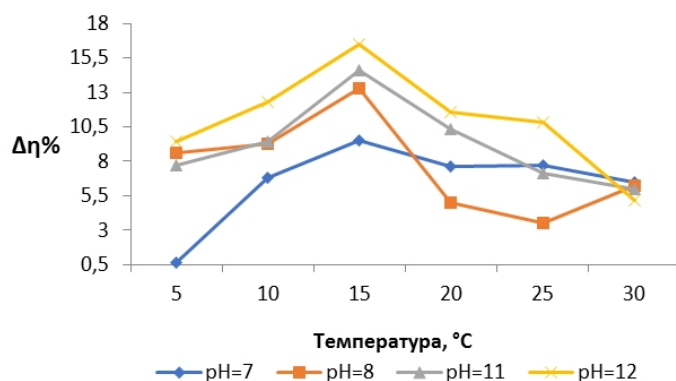


Рис. 2. Зависимость вязкости 0.1% растворов Na-КМЦ от температуры при: а) рН = 12; б) рН = 10

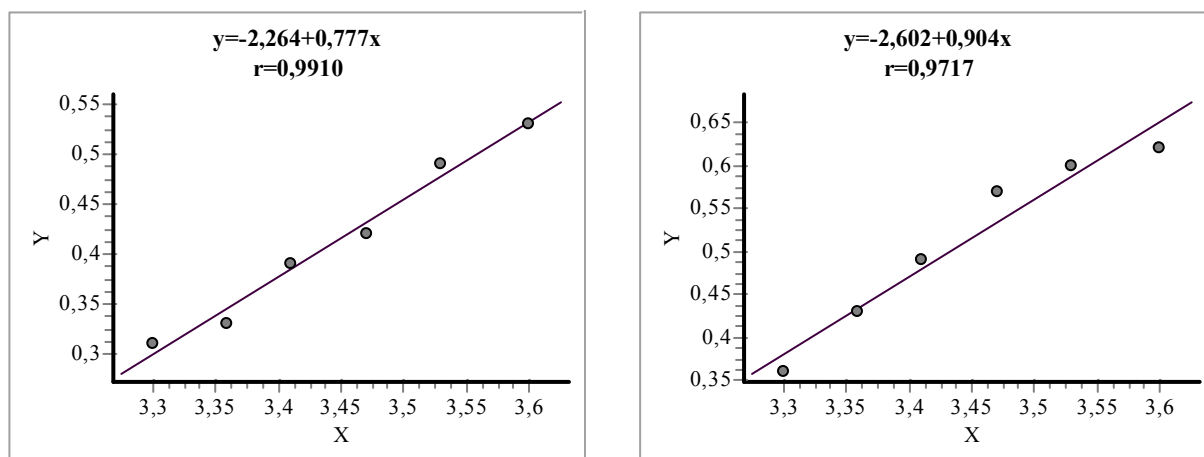
Таблица 2. Температурные коэффициенты вязкости γ необлученных и облученных растворов Na-КМЦ и коэффициенты корреляции r линейной аппроксимации температурной зависимости вязкости

рН	3	4	5	6	8	10	12
γ	-0.00742	-0.0148	-0.0117	-0.0152	-0.0114	-0.0152	-0.0141
r	0.946	0.973	0.979	0.969	0.953	0.964	0.989
γ	-0.0103	-0.0112	-0.0149	-0.0149	-0.0155	-0.0164	-0.0185
r	0.898	0.970	0.985	0.983	0.987	0.971	0.983

Рис. 3. Зависимость степени увеличения вязкости ($\Delta\eta\%$) 0.1% растворов Na-КМЦ в результате воздействия электромагнитного поля от температуры при различных значениях рН

Из температурной зависимости вязкости была рассчитана энергия активации вязкого течения E_a 0.1% растворов Na-КМЦ при различных значениях pH (рис. 4). Установлено ее увеличение для облученных растворов, в наибольшей степени выраженное для pH = 8 ($\Delta E_a = 1.35$ кДж/моль). При pH = 6 и 10 наблюдается некоторое снижение E_a (табл. 3).

Проведена оценка эффективности электромагнитного воздействия на вязкость растворов Na-КМЦ в зависимости от концентрации. Измерения проведены при 3 значениях pH и температуре 25 °С. Степень увеличения вязкости с концентрацией зависит от pH как для облученных систем, так и для контрольных образцов. В наибольшей степени она проявляется в кислой области (pH = 3) – вязкость увеличивается более чем в 2 раза. При pH = 7 она возрастает на 71–76%, а при pH = 9 – на 58–61%. Превышение вязкости облученных систем над контрольными образцами наблюдается для всех концентраций при всех изученных значениях кислотности среды (рис. 5, табл. 4).



pH = 12 (f = 0)

pH = 12 (f = 170 МГц)

Рис. 4. Зависимость относительной вязкости 0,1% растворов Na-КМЦ от температуры в аррениусовых координатах ($X = 1000/T$; $Y = \ln \eta$)

Таблица 3. Энергия активации вязкого течения 0.1% растворов Na-КМЦ при различных значениях pH

pH	3	4	5	6	8	10	12
$E_{a(\text{необл})}$, кДж/моль	5.84	5.92	5.67	7.78	5.71	7.48	6.76
$E_{a(\text{обл})}$, кДж/моль	6.65	6.76	6.94	6.83	7.06	7.23	7.52
ΔE_a , кДж/моль	0.81	0.84	1.21	-0.95	1.35	-0.25	0.76

Рис. 5. Зависимость относительной вязкости растворов Na-КМЦ от концентрации при pH = 9 (T = 25 °С)

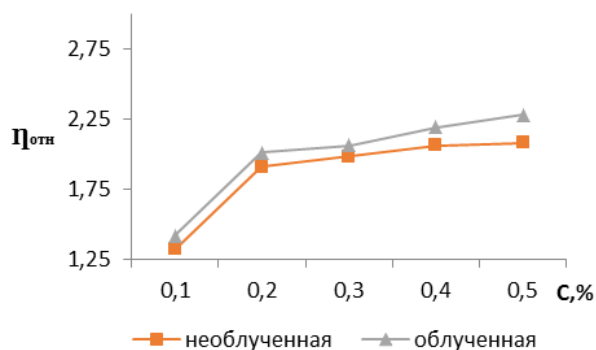


Таблица 4. Зависимость относительной вязкости растворов Na-КМЦ от концентрации (T = 25 °С)

C, %	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\eta_{\text{отн(необл) pH=3}}$	1.13	1.73	2.07	2.19	2.34
$\eta_{\text{отн(обл) pH=3}}$	1.21	1.80	2.21	2.29	2.53
$\eta_{\text{отн(необл) pH=7}}$	1.26	1.71	1.93	2.08	2.22
$\eta_{\text{отн(обл) pH=7}}$	1.37	1.92	2.01	2.20	2.33

Зависимость вязкости растворов Na-КМЦ от pH можно объяснить тем, что в кислой среде полимер переходит в H-форму с невысокой степенью ионизации карбоксильных групп. Суммарный заряд макромолекулы снижается, что приводит к уменьшению сил отталкивания и сворачиванию макромолекул в клубки. В щелочной среде отрицательный заряд макромолекул возрастает, и они разворачиваются, создавая сопротивление течению жидкости. Вследствие электростатического отталкивания цепь стремится распрямиться, тогда как в результате теплового движения она стремится свернуться. Поэтому для каждого значения pH и температуры устанавливается равновесие между электростатическим отталкиванием и тепловым движением, соответствующее определенной форме молекулы. По мере увеличения степени диссоциации молекулы принимают все промежуточные конформации от свернутого клубка до вытянутой палочки [20].

Изменение конформации макромолекул Na-КМЦ в облученной воде доказывается увеличением вязкости растворов и энергии активации их течения. Изменение структуры растворителя неизбежно сказывается на характере и степени взаимодействия его молекул с макроионами полимера, а следовательно, и на изменении свойств растворов. Можно предположить, что преобладающим фактором электромагнитного воздействия является эффект снижения степени сольватации полярных неионогенных групп Na-КМЦ в облученной воде и, как следствие, усиления внутримолекулярных водородных связей в макроцепи полимера (рис. 6). Это увеличивает ее жесткость и препятствует сворачиванию в клубки. В результате вязкость растворов, приготовленных на облученной воде, возрастает.

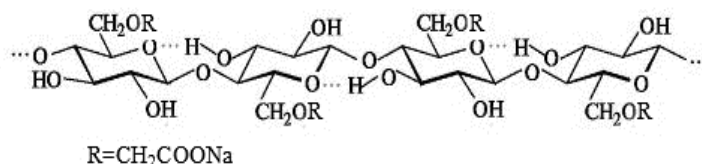


Рис. 6. Фрагмент структуры молекулы Na-КМЦ

Наличие максимума на кривой $\Delta\eta, \%$ – температура (рис. 3) в нейтральной и щелочной среде свидетельствует о том, что при увеличении температуры происходит смена механизма влияния облученной воды на конфигурацию макроионов полимера. Таким образом, вопрос о характере влияния облученной воды на структуру полимерных молекул остается дискуссионным. Тем не менее проведенные исследования показали, что варьируя pH, температуру и применяя облученную электромагнитным полем воду, можно существенно изменять вязкостные характеристики водных растворов полярных полимеров, что расширяет возможности получения систем с заданными свойствами.

Выводы

1. Показано увеличение вязкости 0.1% растворов Na-КМЦ при переходе от кислых растворов к щелочным. Для растворов полимера, приготовленных на облученной воде, характер зависимости вязкости от pH сохраняется, однако во всем интервале pH она превышает вязкость контрольных образцов. Установлено, что при $\text{pH} > 7$ максимальная эффективность электромагнитного воздействия достигается при температуре 15 °С – при $\text{pH} = 12$ величина η возрастает на 16.5%.
2. Показано снижение вязкости исследуемых растворов и контрольных образцов при увеличении температуры от 5 до 30 °С, однако во всем изученном интервале температур вязкость облученных систем превышает вязкость контрольных образцов. Определены температурные коэффициенты и энергия активации вязкого течения растворов Na-КМЦ. Показано их увеличение для облученных систем.
3. Установлено, что при увеличении концентрации раствора Na-КМЦ до 0.5% эффект электромагнитного воздействия сохраняется. Его величина зависит от pH среды.
4. Изменение вязкости растворов полимера в облученной воде может быть следствием изменения жесткости макромолекул и, как следствие, их формы.

Список литературы

1. Сеницин Н.И., Ёлкин В.А., Сеницина Р.В., Бецкий О.В. Структуризация воды аминокислотами разных классов // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2012. Т. 2. №6. С. 367–374.

2. Федусенко И.В. Влияние электромагнитного поля СВЧ диапазона на морфологию водных растворов поливинилового спирта // Известия Саратовского университета. Серия Химия. Биология. Экология. 2007. Т. 7. №1. С. 48–55.
3. Нагдалян А.А., Оботурова Н.П. Влияние электрогидравлического эффекта на гидратацию биополимеров // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. №12. С. 74–78.
4. Федусенко И.В., Кленин В.И., Клохтина Ю.И., Максименко Б.Н., Перовский Э.В. Влияние электромагнитного поля СВЧ диапазона на морфологию водных растворов поливинилового спирта // Известия Саратовского университета. Серия «Химия. Биология. Экология». 2007. Т. 7. №1. С. 48–55.
5. Персидская А.Ю., Кузеев И.Р., Антипина В.А. О влиянии импульсного магнитного поля на механические свойства полимерных волокон // Журнал химической физики. 2002. №2. С. 90–95.
6. Персидская А.Ю. Влияние магнитных полей на физико-химические свойства полимерных материалов: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2004. 28 с.
7. Савостикова О.Н. Гигиеническая оценка влияния структурных изменений в воде на ее физико-химические и биологические свойства: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008. 26 с.
8. Лященко А.К. Структура воды, миллиметровые волны и их первичная мишень в биологических объектах // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. №8-9. С. 62–77.
9. Vallée P. Action of pulsed low frequency electromagnetic fields on physicochemical properties of water: Incidence on its biological activity // Journal Europeen d'Hydrologie. 2006. Vol. 37 (2). Pp. 221–232.
10. Andreyev Ye.A., Barabash Yu.M., Zabolotny M.A. Dynamics of rheological parameters of water system in lowintensity millimeter wave fields // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. 1994. Vol. 2211. Pp. 518–528.
11. Стась И.Е., Чиркова В.Ю., Штоббе И.А. Физико-химические процессы в электромагнитном поле ультравысоких частот: монография. Барнаул, 2015. 100 с.
12. Стась И.Е., Чиркова В.Ю., Минин М.И. Вязкость растворов желатина, приготовленных на облученной электромагнитным полем воде // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Химия. Биология. Фармация». 2016. №2. С. 32–36.
13. Стась И.Е., Тхоренко Р.С., Чиркова В.Ю. Набухание биополимеров в облученной электромагнитным полем воде // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VI Всероссийской конференции с международным участием. Барнаул, 2014. С. 109–111.
14. Стась И.Е., Иванов А.А., Чиркова В.Ю. Вязкостные и оптические характеристики щелочных растворов На-карбоксиметилцеллюлозы в облученной электромагнитным полем воде // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 31–37.
15. Стась И.Е., Михейлис А.В. Изменение оптических свойств водных растворов КМЦ и ее натриевой соли в результате воздействия высокочастотного электромагнитного поля // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VII Всероссийской конференции с международным участием. Барнаул, 2017. С. 62–64.
16. Михейлис А.В., Стась И.Е. Возможность направленного регулирования свойств водных растворов биополимеров путем воздействия низкоинтенсивного электромагнитного поля // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Бийск, 2017. С. 142–146.
17. Маркин В.И. Карбоксиметилирование растительного сырья. Барнаул, 2010. 167 с.
18. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М., 1968. 314 с.
19. Папков С.П. Равновесие фаз в системе полимер – растворитель. М., 1981. 272 с.
20. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М., 2003. 368 с.
21. Стась И.Е., Гердт А.П., Аксенова Н.В. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на свойства растворов хлоридов щелочных металлов // Известия АлтГУ. 2010. №3 (2). С. 141–145.

Поступило в редакцию 10 января 2018 г.

После переработки 9 февраля 2018 г.

Для цитирования: Стась И.Е., Батищева И.А. Относительная вязкость водных растворов На-карбоксиметилцеллюлозы и ее изменение в зависимости от кислотности среды, температуры и воздействия электромагнитного поля // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 23–31. DOI: 10.14258/jcrpm.2018033695.

Stas I.E.*, Batishcheva I.A. THE RELATIVE VISCOSITY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF Na-CARBOXY-METHYLCELLULOSE AND ITS VARIATION DEPENDING ON THE ACIDITY OF THE MEDIUM, TEMPERATURE AND EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELD

Altai State University, pr. Lenina, 61, Barnaul, 656049 (Russia), e-mail: irinastas@gmail.com

The effect of pH on the relative viscosity of dilute Na-CMC solutions was studied. It shows a monotonic increase with increasing pH. The measurements were carried out in the temperature range 5–30 °C. Based on the dependence of the relative viscosity on temperature, the temperature coefficients of viscosity and the activation energy of the viscous flow of polymer solutions were determined. An increase in the activation energy in alkali solutions of Na-CMC is shown. An increase in the relative viscosity of solutions is established when water, exposed to an electromagnetic field of 170 MHz, is used as a solvent. The effect is observed with all the pH and temperature used in the work. The maximum viscosity increase of 0.1% solutions is observed at a temperature of 15 °C and pH = 12 and is 16.5%. As the polymer concentration increases from 0.1 to 0.5%, higher viscosity values of the solutions prepared in the water irradiated with the electromagnetic field are also observed, as compared to the control samples. An increase in the activation energy of the viscous flow of solutions prepared in irradiated water has also been established. The cause of the observed phenomena can be the weakening of solvation processes in irradiated water and an increase in the rigidity of the chain of macromolecules.

Keywords: carboxymethyl cellulose sodium salt, relative viscosity, acidity of the medium, activation energy, electromagnetic field.

References

1. Sinitsin N.I., Elkin V.A., Sinitsina R.V., Betskii O.V. *Biulleten' meditsinskikh internet-konferentsii*, 2012, vol. 2, no. 6, pp. 367–374. (in Russ.).
2. Fedusenko I.V. *Izvestiia Saratovskogo universiteta. Seriya Khimiia. Biologiia. Ekologiia*, 2007, vol. 7, no. 1, pp. 48–55. (in Russ.).
3. Nagdalian A.A., Oboturova N.P. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 2012, no. 12, pp. 74–78. (in Russ.).
4. Fedusenko I.V., Klenin V.I., Klokhtina Iu.I., Maksimenko B.N., Perovskii E.V. *Izvestiia Saratovskogo universiteta. Seriya «Khimiia. Biologiia. Ekologiia»*, 2007, vol. 7, no. 1, pp. 48–55. (in Russ.).
5. Persidskaia A.Iu., Kuzeev I.R., Antipina V.A. *Zhurnal khimicheskoi fiziki*, 2002, no. 2, pp. 90–95. (in Russ.).
6. Persidskaia A.Iu. *Vliianie magnitnykh polei na fiziko-khimicheskie svoistva polimernykh materialov: avtoref. dis. kand. khim. nauk*. [Influence of magnetic fields on the physicochemical properties of polymer materials: the author's abstract. dis. Cand. chem. sciences]. Moscow, 2004, 28 p. (in Russ.).
7. Savostikova O.N. *Gigienicheskaia otsenka vliianiia strukturnykh izmenenii v vode na ee fiziko-khimicheskie i biologicheskie svoistva: avtoref. dis. kand. med. nauk*. [Hygienic assessment of the effect of structural changes in water on its physicochemical and biological properties: author's abstract. dis. Candidate of Medical Sciences]. Moscow, 2008, 26 p. (in Russ.).
8. Liashchenko A.K. *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika*, 2007, no. 8–9, pp. 62–77. (in Russ.).
9. Vallée P. *Journal Europeen d'Hydrologie*, 2006, vol. 37 (2), pp. 221–232.
10. Andreyev Ye.A., Barabash Yu.M., Zabolotny M.A. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, 1994, vol. 2211, pp. 518–528.
11. Stas' I.E., Chirkova V.Iu., Shtobbe I.A. *Fiziko-khimicheskie protsessy v elektromagnitnom pole ul'travysok-kikh chastot: monografiia*. [Physicochemical processes in the electromagnetic field of ultrahigh frequencies: monograph]. Barnaul, 2015, 100 p. (in Russ.).
12. Stas' I.E., Chirkova V.Iu., Minin M.I. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Khimiia. Biologiia. Farmatsiia»*, 2016, no. 2, pp. 32–36. (in Russ.).
13. Stas' I.E., Tkhorenko R.S., Chirkova V.Iu. *Novye dostizheniia v khimii i khimicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ia: materialy VI Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. [New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials: materials of the VI All-Russian Conference with international participation]. Barnaul, 2014, pp. 109–111. (in Russ.).
14. Stas' I.E., Ivanov A.A., Chirkova V.Iu. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2015, no. 4, pp. 31–37. (in Russ.).
15. Stas' I.E., Mikheilis A.V. *Novye dostizheniia v khimii i khimicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ia: materialy VII Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. [New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials: materials of the VII All-Russian Conference with international participation]. Barnaul, 2017, pp. 62–64. (in Russ.).
16. Mikheilis A.V., Stas' I.E. *Tekhnologii i oborudovanie khimiche-skoi, biotekhnologicheskoi i pishchevoi promyshlennosti: materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*.

* Corresponding author.

- [Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industries: materials of the X All-Russian scientific-practical conference with international participation]. Biisk, 2017, pp. 142–146. (in Russ.).
17. Markin V.I. *Karboksimetilirovanie rastitel'nogo syr'ia*. [Carboxymethylation of plant material]. Barnaul, 2010, 167 p. (in Russ.).
 18. Tager A.A. *Fiziko-khimiia polimerov*. [Physicochemistry of polymers]. Moscow, 1968, 314 p. (in Russ.).
 19. Papkov S.P. *Ravnovesie faz v sisteme polimer – rastvoritel'*. [The phase equilibrium in the polymer-solvent system]. Moscow, 1981, 272 p. (in Russ.).
 20. Semchikov Iu.D. *Vysokomolekuliarnye soedineniia*. [High-molecular compounds]. Moscow, 2003, 368 p. (in Russ.).
 21. Stas' I.E., Gerdt A.P., Aksenova N.V. *Izvestiia AltGU*, 2010, no. 3 (2), pp. 141–145. (in Russ.).

Received January 10, 2018

Revised February 9, 2018

For citing: Stas I.E., Batishcheva I.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 23–31. (in Russ.).
DOI: 10.14258/jcprm.2018033695.

