

УДК 541.183.12

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-12-283-106-112

*Е. Г. Духанина, С. С. Дрябина, Д. С. Быков
Т. П. Богданова, Ю. В. Шулевич, И. А. Новаков*

**ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХИТОЗАНА
В БИНАРНЫХ РАСТВОРАХ УКСУСНАЯ КИСЛОТА-ВОДА***

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: dukhanina.ek@yandex.ru

Методами вискозиметрии и потенциометрии исследованы гидродинамические свойства растворов хитозана в бинарной системе уксусная кислота-вода и определены степени протонирования макромолекул хитозана. Установлена зависимость степени протонирования хитозана от его концентрации в растворе и от соотношения уксусная кислота-вода. Полученные результаты позволяют сформулировать оптимальные условия для проведения привитой полимеризации хитозана в уксуснокислых средах.

Ключевые слова: хитозан, бинарная система уксусная кислота-вода, степень протонирования, гидродинамические свойства

Хитозан представляет собой линейный полисахарид, состоящий из двух типов повторяющихся звеньев (звено D-глюкозамина и звено N-ацетил-D-глюкозамина), случайно распределенных в полимерной цепи. Хитозан получают щелочным деацетилированием хитина, основным промышленным источником которого являются отходы ракообразных, получаемые при их переработке для пищевых целей [1–3].

Большой интерес к исследованию хитозана, практически единственного поликатиона природного происхождения, связан, прежде всего, с его уникальными свойствами. Хитозан обладает биосовместимостью, биоразлагаемостью, высокой емкостью поглощения металлов, а продукты его разложения нетоксичны, немунногенны и неканцерогенны. Благодаря такому комплексу свойств возможно эффективное использование хитозана во многих направлениях, например, в медицине и биотехнологии, в процессах очистки сточных вод различных производств, в косметической и пищевой промышленности. Однако из-за меж- и внутримолекулярных водородных связей хитозан растворим только в разбавленных растворах кислот, благодаря протонированию аминогруппы $-NH_2$, что существенно ограничивает возможности его использования. Поэтому в настоящее время все более актуальным становится разработка способов его химической модификации, основной целью которой является увеличение растворимости полисахарида в водных средах.

С этой целью наиболее распространенным вариантом химической модификации является привитая полимеризация к макромолекулам хитозана гидрофильных сомономеров, позволяющих увеличить значение гидрофильно-липофильного баланса и добиться его растворимости в воде.

Химическая модификация хитозана осуществляется благодаря наличию высокоактивных функциональных групп (главным образом NH_2 -групп). Очевидно, что эффективность прививки будет зависеть от доступности этих функциональных групп, которая, в свою очередь, определяется конформацией макромолекул хитозана.

Таким образом, целью настоящей работы является изучение гидродинамических свойств растворов хитозана в бинарной системе уксусная кислота-вода с целью выявления оптимальных условий проведения привитой полимеризации.

Экспериментальная часть

Объекты исследования. В качестве объекта исследования использовали образец хитозана (ХТЗ) марки CsLMW («Sigma-Aldrich», Германия). Предварительно хитозан был тщательно очищен (от непрореагировавшего хитина и примесей различной природы). Для этого хитозан растворяли в 1 %-ной уксусной кислоте (УК), фильтровали, диализовали через полупроницаемые мембраны MWCO 10000–15000 против уксусной кислоты (1 %), затем высаживали в раствор щелочи (0,3 н) и отмывали дистилли-

© Духанина Е. Г., Дрябина С. С., Быков Д. С., Богданова Т. П., Шулевич Ю. В., Новаков И. А., 2023.

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FZUS-2023-0003 на основании соглашения № 075-03-2023-055 от 13.01.2023).

рованной водой до нейтральной реакции и лиофильно сушили. Высушенные образцы хитозана хранили в эксикаторе над P_2O_5 . Персульфат аммония (ПСА) использовали без дополнительной очистки.

Характеристика хитозана. Для характеристики очищенного образца хитозана были определены степень деацетилирования и средневязкостная молекулярная масса.

Определение степени деацетилирования проводили потенциометрическим методом. Для этого готовили раствор хитозана с массовой концентрацией 0,6 % в соляной кислоте (0,1 н) и титровали раствором щелочи (0,03 н). Стандартизацию растворов кислоты и щелочи проводили по стандартным методикам. Титрование проводили на pH-метре (Seven Compact, «Mettler Toledo», Швейцария) при температуре 25 °С с использованием комбинированного электрода (InLab Expert Pro ISM, «Mettler Toledo», Швейцария). Степень деацетилирования рассчитывалась по формуле:

$$CD = \frac{203,2}{42 + \frac{1000 \cdot M_x}{C_{NaOH \cdot \Delta V}}} \cdot 100 \%,$$

где 203,2 – молекулярная масса ацетилированного звена хитозана, 42 – разница между молекулярными массами ацетилированного и неацетилированного звеньев, M_x – навеска хитозана, $\Delta V = V_2 - V_1$ – разность объемов NaOH, соответствующих скачкам титрования.

Молекулярную массу хитозана рассчитывали по уравнению Марка – Куна – Хаувинка [4]:

$$[\eta] = 1,38 \cdot 10^{-4} \cdot M_{\eta}^{0,85},$$

где $[\eta]$ – характеристическая вязкость раствора хитозана, определенная в ацетатном буфере с pH = 4,8 при 25 °С методом капиллярной вискозиметрии. Использовали ледяную уксусную кислоту и уксуснокислый натрий квалификации ХЧ. Характеристическую вязкость определяли по стандартной методике.

Изученный образец хитозана характеризуется молекулярной массой 174 тыс. и степенью деацетилирования 76 %.

Определение степени протонирования хитозана. Для определения степени протонирования α хитозана в уксусной кислоте были измерены значения pH растворов хитозан-уксусная кислота-вода. По методике, приведенной в работе [5] была рассчитана степень протонирования хитозана с учетом изменения степени диссоциации кислоты при добавлении хитозана:

$$\alpha = \frac{[CH_3COOH] \cdot \alpha'' - [H_2O^+]}{[XT3]},$$

где α'' – степень диссоциации уксусной кислоты в присутствии хитозана.

Обсуждение результатов

Привитая полимеризация на хитозан протекает по свободнорадикальному механизму и чаще всего инициируется персульфатом аммония (калия) или окислительно-восстановительными системами. Согласно современным представлениям [6–10], существует несколько возможных механизмов привитой полимеризации на хитозан в присутствии персульфатов:

– радикалы, образующиеся при распаде персульфата, инициируют как гомополимеризацию мономера в растворе, так и генерируют радикалы на основной цепи полисахарида с последующим разрывом гликозидной связи макромолекулы или раскрытием пиранозного кольца и образованием макрорадикалов у C2-C3 и C1-O-C4 связей. В этом случае образующийся сополимер может представлять собой как привитой сополимер, так и блок-сополимер. Возможна и комбинация этих двух механизмов;

– радикалы, образующиеся при распаде персульфата, генерируют радикалы на аминогруппах хитозана без разрыва основной цепи полисахарида.

Реализация того или иного механизма полимеризации во многом определяется концентрациями инициатора, мономера, температурой синтеза и другими факторами.

Кроме этого, в работе [11] было показано, что процесс привитой полимеризации в присутствии ПСА (при 60 °С) осложняется окислительной деструкцией хитозана.

Таким образом, основными недостатками при использовании ПСА в качестве инициатора привитой полимеризации виниловых мономеров на ХТЗ являются высокий выход гомополимеров и деструкция цепей полисахарида. Комплексное решение этих двух проблем в настоящее время остается актуальной задачей.

С целью выбора оптимальной концентрации ПСА, не приводящей к деструкции макромолекул хитозана, было изучено влияние концентрации ПСА на гидродинамические свойства растворов ХТЗ (рис. 1). Изучение кинетики гидродинамических свойств показывает, что с течением времени происходит уменьшение относительной вязкости растворов хитозана (t/t_0) с добавлением ПСА на 5 % для концентрации ПСА 10^{-4} моль/л и на 35 % для концентрации 10^{-2} моль/л.

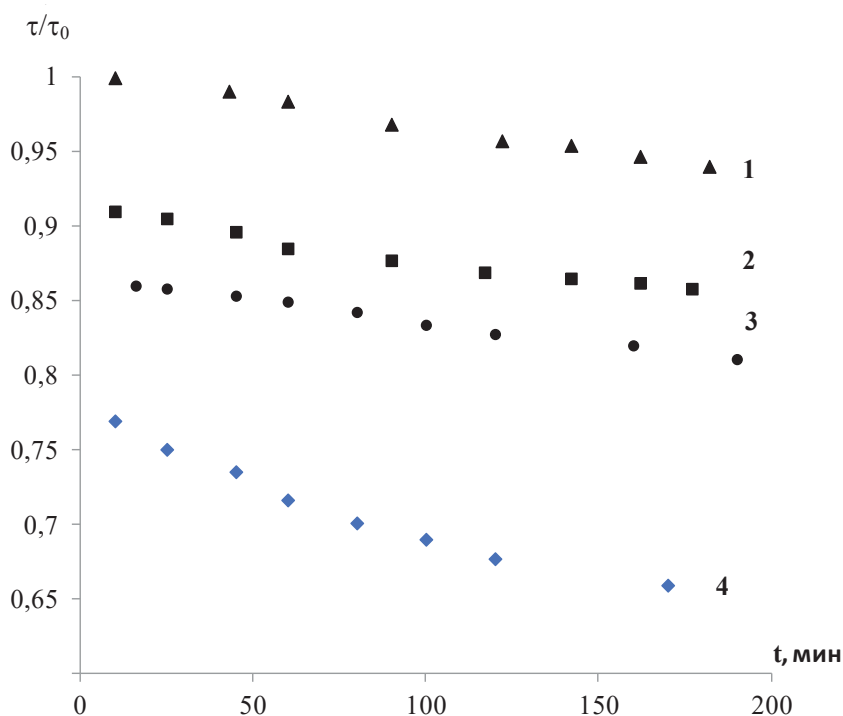


Рис. 1. Кинетическая зависимость относительной вязкости растворов хитозана (τ/τ_0 ; τ_0 – время истечения раствора хитозана без ПСА, τ – время истечения растворов хитозана с ПСА). Концентрация персульфата аммония, моль/л: 1 – 10^{-4} , 2 – $5 \cdot 10^{-4}$, 3 – 10^{-3} , 4 – 10^{-2} . Концентрация раствора хитозана 1,5 %, температура 50 °С

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что уменьшение относительной вязкости растворов ХТЗ в присутствии ПСА действительно связано с деструкцией макромолекул хитозана. При увеличении концентрации ПСА до 10^{-3} и 10^{-2} моль/л молекулярная масса ХТЗ падает

в 2 и 3,6 раза, соответственно. В то же время, при концентрациях ПСА, равных 10^{-4} и $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л, молекулярная масса хитозана практически не изменяется. Поэтому для привитой полимеризации целесообразно использовать концентрации инициатора, не превышающие $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

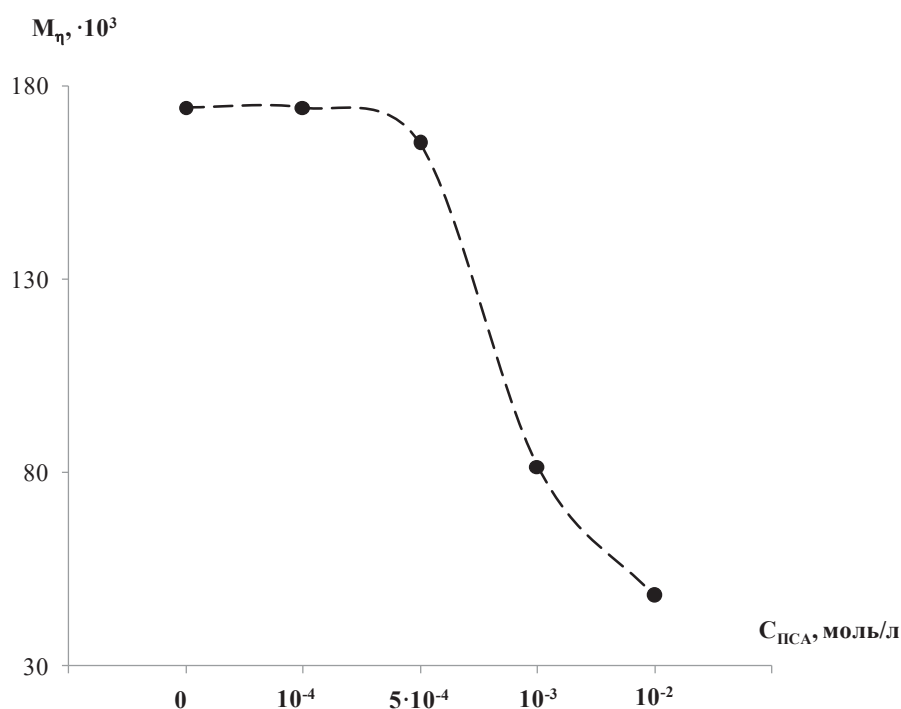


Рис. 2. Влияние концентрации персульфата аммония на средневязкостную молекулярную массу хитозана

Как было отмечено во введении, растворение хитозана в водных растворах минеральных и органических кислот возможно благодаря протонированию аминогрупп в составе его мономерного звена, в соответствии с равновесной реакцией:



Соотношение компонентов в бинарном растворителе кислота-вода, определяет не только степень протонирования полимера, но и конформационное состояние макромолекулы в растворе. Конформация макромолекулы, в свою очередь, может сказаться на вязкостных характеристиках хитозана и некоторых его свойствах, в том числе на доступности его функциональных групп для привитой полимеризации.

Как показывают данные рис. 3, зависимость степени протонирования ХТЗ в растворе уксус-

ной кислоты носит сложный, экстремальный характер. Так, для раствора хитозана с концентрацией 0,48 % степень протонирования достигает максимального значения 0,6 при концентрации УК 0,025 М (мольное соотношение УК:ХТЗ равно единице). Дальнейшее увеличение концентрации уксусной кислоты приводит к уменьшению степени протонирования. Поскольку уксусная кислота – кислота слабая, степень ее диссоциации уменьшается с увеличением концентрации кислоты в растворе. По-видимому, это и является следствием уменьшения степени протонирования. Уменьшение концентрации раствора хитозана (см. вставку на рис. 3) до 0,2 % и 0,1 % мало сказывается на максимальной степени протонирования (0,57 и 0,62 соответственно) и мольном соотношении УК:ХТЗ при котором она достигается (0,7 и 1,4 соответственно).

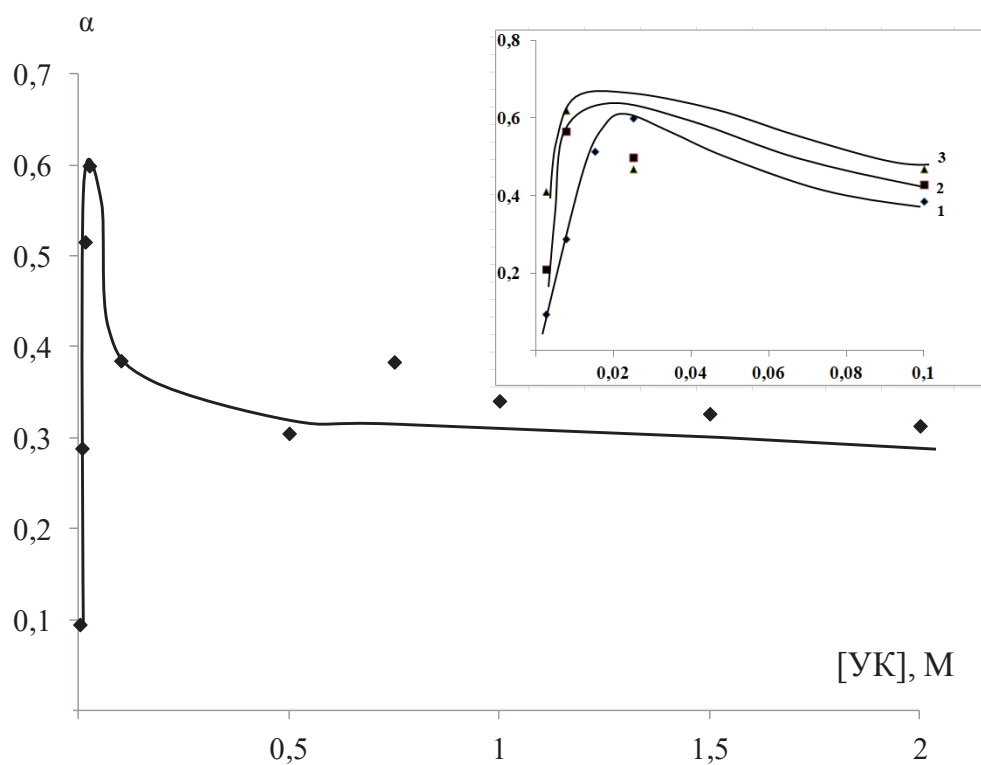


Рис. 3. Влияние концентрации уксусной кислоты на степень протонирования хитозана в бинарной системе уксусная кислота-вода. Концентрация раствора хитозана 0,48 %. Концентрации растворов хитозана на вставке, %: 1 – 0,48, 2 – 0,2, 3 – 0,1

Симбатно со степенью протонирования меняется и приведенная вязкость растворов хитозана (рис. 4).

Максимальная степень протонирования обеспечивает наиболее развернутую конформацию макромолекул хитозана из-за электроста-

тического отталкивания положительно заряженных NH_3^+ групп. Уменьшение степени протонирования макромолекул приводит к уменьшению плотности заряда полимерной цепи, что сопровождается уменьшением размеров макромолекул.

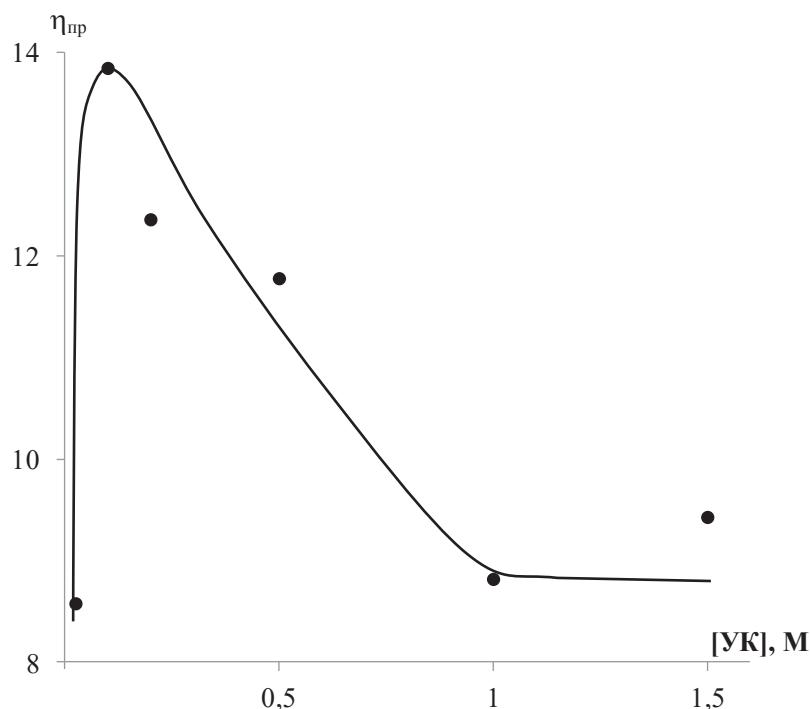


Рис. 4. Влияние концентрации уксусной кислоты на приведенную вязкость раствора хитозана. Концентрация раствора хитозана 0,48 %

Несмотря на то, что изучению растворов хитозана посвящены многочисленные исследования, проблема получения молекулярных растворов по-прежнему актуальна. Связано это с тем, что, во-первых, растворимость хитозана зависит от степени деацетилирования и молекулярной массы полимера [12; 13], природы растворителя [14; 15], pH-среды, а, во-вторых, хитозан, ввиду сравнительно высокой степени его кристалличности, которая может достигать 40 %, склонен к агрегированию в разбавленных растворах. Даже в визуально прозрачных разбавленных растворах хитозана, особенно высокомолекулярного, зафиксировано наличие агрегатов макромолекул [16; 17] и/или надмолекулярных частиц субмикронного размера. Поэтому, к сожалению, даже подбор наиболее термодинамически подходящего растворителя не решает проблему получения молекулярных (не агрегированных) растворов хитозана. Термодинамическое качество растворителя может быть оценено по значению константы Хаггинса k_x из вискозиметрических измерений (см. таблицу).

Здесь необходимо отметить, что если целью вискозиметрических исследований является определение молекулярной массы полимера, то измерения проводят в присутствии фонового электролита с целью подавления полиэлектролитного набухания, приводящего к росту при-

Влияние концентрации уксусной кислоты на вязкостные свойства раствора хитозана (0,48 %)

[УК], М	$[\eta]$, дл/г	k_x	$C^* = 1/[\eta]$, %
0,1	3,98	0,41–0,59	0,22–0,28
0,2	3,66		
0,3	3,77		
0,4	4,21		
0,5	4,04		
1,0	3,63		
1,5	4,04		
2,0	4,29		
3,0	4,48		
4,0	4,32		

веденной вязкости в области малых концентраций полимера. Если же целью вискозиметрических исследований является не определение молекулярной массы, а оценка конформационного состояния полиэлектролита в изучаемом растворителе, то определение величины характеристической вязкости $[\eta]$ становится неоднозначным. Полиэлектролитное набухание, демонстрируемое растворами хитозана в уксусной кислоте в отсутствие ацетата натрия, не позволяет провести экстраполяцию на нулевую концентрацию. Возможен подход, исключающий из расчета концентрационную область,

в которой приведенная вязкость возрастает с уменьшением концентрации полимера. В этом случае $[\eta]$ определяют для более высоких концентраций, однако, учитывая склонность макромолекул хитозана к агрегированию, определенная таким образом характеристическая вязкость может отражать не размер отдельного макромолекулярного клубка, а размер некоторого ассоциата [18]. Поэтому в настоящей работе характеристическую вязкость раствора проводили в присутствии фоновых электролитов – ацетата натрия. Из данных, представленных в таблице, видно, что увеличение концентрации УК не оказывает значительного влияния на значение характеристической вязкости и в широком диапазоне концентраций уксусной кислоты константа Хаггинса составляет 0,41–0,59, что близко Θ -условиям. Полученные вискозиметрические данные позволяют оценить концентрацию кроссовера, соответствующую границе перехода раствора полимера из разбавленного в полуразбавленный. Видно, что в широком интервале концентраций уксусной кислоты концентрация кроссовера составляет 0,22–0,28 %. Однако здесь необходимо отметить, что в отсутствие фоновых электролитов эта концентрация будет меньше.

Таким образом, сопоставляя полученные результаты по потенциометрии и вискозиметрии, можно сформулировать наиболее оптимальные условия для проведения привитой полимеризации:

- молярное соотношение УК:ХТЗ, обеспечивающее максимальную степень протонирования, равное 0,7 для 0,2 %-ного раствора хитозана и 1,4 для 0,1 %-ного раствора;
- концентрация раствора хитозана, соответствующая режиму разбавленного раствора (0,1–0,2 %);
- концентрации персульфата аммония (калия), не превышающие $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Muzzarelli, R. A. A. Chitin handbook / R.A.A. Muzzarelli, M.G. Peter. – Italy: Atec, Grottammare, European Chitin Society, 1997. – 528 p.
2. Rinaudo, M. Chitin and chitosan: Properties and applications / M. Rinaudo // Progress in Polymer Science. – 2006. – Vol. 31, Is. 7. – P. 603–632
3. Kim, Se-Kwon. Chitin, chitosan, oligosaccharides and their derivatives: biological activities and applications / Se-Kwon Kim. – Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis, 2010. – 662p.
4. Gamazade, A.I., Shlimak V.M., Sklar A.M., Shticova E.V., Pavljva S.A., Rogojin S.V., Hydrodynamic Solution

Properties of Chitosan // Acta Polym. 1985. V. 36. № 8. – P. 420–424.

5. Rinaudo, M., Pavlov G., Desbrieres J. Influence of acetic acid concentration on the solubilization of chitosan // Polymer, 1999. – Vol. 40, № 25. – P. 7029–7032.

6. Grunlan, J. C. Monodisperse latex with variable glass transition temperature and particle size for use as matrix starting material for conductive polymer composites / J.C. Grunlan, Y. Ma, M.A. Grunlan, W.W. Gerberich, L.F. Francis // Polymer. – 2001. – V. 42. – P. 6913.

7. Solomko, N. Y. Emulsion polymerization of vinyl monomers in presence of chitosan with peroxide groups / N.Y. Solomko, I.A. Dron, O.G. Budishevskaya, S.A. Voronov // Procedia Chemistry – 2009. – V. 1. – P. 1567.

8. Hsu, S. C. Synthesis of Chitosan-Modified Poly(methyl methacrylate) by Emulsion Polymerization / S.C. Hsu, T.M. Don, W.Y. Chiu // J. Appl. Polym. Sci. – 2002. – V. 86. – P. 3047.

9. Harish Prashanth, K. V. Studies on graft copolymerization of chitosan with synthetic monomers / K.V. Harish Prashanth, R.N. Tharanathan // Carbohydr. Polym. – 2003. – V.54. – P. 343.

10. Mun, G. A. Studies on graft copolymerization of 2-hydroxyethyl acrylate onto chitosan / G.A. Mun, Z.S. Nurkeeva, S.A. Dergunov [et al.] // Reactive&Functional Polymers. – 2008. – V. 68. – P. 389.

11. Нудьга, Л. А. Синтез привитых сополимеров N-винилпирролидона и хитозана и их микробиологическая устойчивость / Л. А. Нудьга [и др.] // Журнал прикл. химии. – 2002. – Т. 75. – № 10. – С. 1712.

12. Aiba, S. Studies on chitosan: 3. Evidence for the presence of random and blockcopolymer structures in partially N-acetylated chitosans // Intern. J. Biol. Macromol. 1991. Vol. 13, № 1. P. 40–44.

13. Вихорева, Г. А., Роговина С.З, Пчелко О.М., Гальбрайт Л.С. Фазовое состояние и реологические свойства системы хитозан-уксусная кислота-вода// Высокомолекулярные соединения, 2001. – Т. 43, № 6. – С. 1079–1084.

14. Pillai, C. K. S., Willi P., Chandra P. S. Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation // Progr. Pol. Sci. 2009. Vol. 34, № 7. P. 641–678.

15. Pa, J., Yu T. Light scattering study of chitosan in acetic acid aqueous solution // Macromol. Chem. Phys. 2001. Vol. 202, № 7. – P. 985–991.

16. Anthonsen, M. W., Varum K. M., Hermansson A. M., Smidsrod O., Brant D. A. Aggregates in acidic solutions of chitosans detected by static laser light scattering // Carbohydr. Polym. 1994. Vol. 25, № 1. – P. 13–23.

17. Филиппова, О. Е. Хитозан и его гидрофобные производные: получение и агрегация в разбавленных водных растворах / О. Е. Филиппова, Е. В. Корчагина // Высокомолекулярные соединения, Сер. А. – 2012. – Т. 54, № 7. – С. 1130–1152.

18. Чернова, В. В., Туктарова И. Ф., Кулиш Е. И. Об особенностях вискозиметрического исследования хитозана в растворе уксусной кислоты // Бутлеровские чтения, 2013. – Т. 34, № 4. – С. 102–106.

REFERENCES

1. Muzzarelli, R. A. A. Chitin handbook / R.A.A. Muzzarelli, M.G. Peter. – Italy : Atec, Grottammare, European Chitin Society, 1997. – 528 p.
2. Rinaudo, M. Chitin and chitosan: Properties and applications / M. Rinaudo // Progress in Polymer Science. – 2006. – Vol. 31, Is. 7. – P. 603–632

3. Kim, Se-Kwon. Chitin, chitosan, oligosaccharides and their derivatives: biological activities and applications / Se-Kwon Kim. – Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis, 2010. – 662p.
4. Gamzazade, A. I., Shlimak V.M., Sklar A.M., Shticova E.V., Pavljva S.A., Rogojin S.V., Hydrodynamic Solution Properties of Chitosan // *Acta Polym.* 1985. V. 36. № 8. – P. 420–424.
5. Rinaudo, M., Pavlov G., Desbrieres J. Influence of acetic acid concentration on the solubilization of chitosan // *Polymer*, 1999. – Vol. 40, № 25. – P. 7029–7032.
6. Grunlan, J. C. Monodisperse latex with variable glass transition temperature and particle size for use as matrix starting material for conductive polymer composites / J.C. Grunlan, Y. Ma, M.A. Grunlan, W.W. Gerberich, L.F. Francis // *Polymer*. – 2001. – V. 42. – P. 6913.
7. Solomko, N. Y. Emulsion polymerization of vinyl monomers in presence of chitosan with peroxide groups / N.Y. Solomko, I.A. Dron, O.G. Budishevskaya, S.A. Voronov // *Procedia Chemistry* – 2009. – V. 1. – P. 1567.
8. Hsu, S. C. Synthesis of Chitosan-Modified Poly(methyl methacrylate) by Emulsion Polymerization / S.C. Hsu, T.M. Don, W.Y. Chiu // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2002. – V. 86. – P. 3047.
9. Harish Prashanth, K. V. Studies on graft copolymerization of chitosan with synthetic monomers / K.V. Harish Prashanth, R.N. Tharanathan // *Carbohydr. Polym.* – 2003. – V. 54. – P. 343.
10. Mun, G. A. Studies on graft copolymerization of 2-hydroxyethyl acrylate onto chitosan / G.A. Mun, Z.S. Nurkeeva, S.A. Dergunov [et al.] / *Reactive&Functional Polymers*. – 2008. – V. 68. – P. 389.
11. Nud'ga, L. A. Sintez privityh sopolimerov N-vinilpirolidona i hitozana i ih mikrobiologicheskaya ustojchivost' / L. A. Nud'ga [i dr.] // *ZHurnl. prikl. himii*. – 2002. – T. 75. – № 10. – P. 1712.
12. Aiba, S. Studies on chitosan: 3. Evidence for the presence of random and blockcopolymer structures in partially N-acetylated citosans // *Intern. J. Biol. Macromol.* 1991. Vol. 13, № 1. – P. 40–44.
13. Vihoreva, G. A., Rogovina S.Z., Pchelko O.M., Gal'brajh L.S. Fazovoe sostoyanie i reologicheskie svoystva sistemy hitozan-uksusnaya kislota-voda // *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 2001. – T. 43, № 6. – P. 1079–1084.
14. Pillai, C. K. S., Willi P., Chandra P. S. Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation // *Progr. Pol. Sci.* 2009. Vol. 34, № 7. – P. 641–678.
15. Pa, J., Yu T. Light scattering study of chitosan in acetic acid aqueous solution // *Macromol. Chem. Phys.* 2001. Vol. 202, № 7. – P. 985–991.
16. Anthonsen, M. W., Varum K. M., Hermansson A. M., Smidsrod O., Brant D. A. Aggregates in acidic solutions of chitosans detected by static laser light scattering // *Carbohydr. Polym.* 1994. Vol. 25, № 1. – P. 13–23.
17. Philippova, O. E., Korchagina E. V. Chitosan and its hydrophobic derivatives: Preparation and aggregation in dilute aqueous solutions // *Polymer Science, Ser. A*. 2012. Vol. 54, № 7. – P. 552–572.
18. Chernova, V. V., Tuktarova I.F., Kulish E.I. Ob osobennostyah viskozimetricheskogo issledovaniya hitozana v rastvore uksusnoj kisloty // *Butlerovskie chteniya*, 2013. – T. 34, № 4. – S. 102–106.

**E. G. Dukhanina, S. S. Dryabina, D. S. Bykov
T. P. Bogdanova, Yu. V. Shulevich, I. A. Novakov**

STUDY OF CHITOSAN HYDRODYNAMIC PROPERTIES IN BINARY ACETIC-ACID – WATER SOLUTION

Volgograd State Technical University

Abstract. The hydrodynamic properties of chitosan solutions in the acetic acid-water binary system were studied by viscometry and potentiometry methods. The degree of protonation of chitosan macromolecules was determined. The dependence of the degree of chitosan protonation on its concentration in solution and on the acetic acid-water ratio has been established. The obtained results make it possible to formulate optimal conditions for carrying out graft polymerization of chitosan in acetic acid media.

Keywords: chitosan, binary system acetic acid-water, degree of protonation, hydrodynamic properties.