

УДК 541.18

**СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА
В РАСТВОРАХ ОЛИГОХИТОЗАНОВ****Уродкова Е.К.^{1,2}, Урюпина О.Я.¹, Жаворонок Е.С.², Высоцкий В.В.¹,
Сенчихин И.Н.¹**¹Лаборатория физикохимии коллоидных систем ИФХЭ РАН
119071, Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4; e-mail: urodkovakatja@mail.ru² РТУ МИРЭА, ИТХТ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Получены монодисперсные наночастицы серебра с размерами 60–75 нм в водных растворах олигохитозанов. Выявлен характер взаимодействия хитозанов с ионами и наночастицами. Спектральные исследования показали участие гидроксильных и аминогрупп всех хитозанов в формировании и стабилизации наночастиц.

Silver monodisperse nanoparticles of 60–75 nm in aqueous solutions of oligochitosan were synthesized. The nature of the interaction of chitosans with silver ions and nanoparticles had been investigated. Spectral studies had been showed the contribution of hydroxyl and amino groups of all chitosans to formation and stabilization of silver nanoparticles.

Наночастицы (НЧ) благородных металлов, в том числе серебра, уже давно применяются в самых разнообразных сферах нашей жизни. Однако всё большее внимание уделяется «зеленым» методам получения наноразмерных частиц, средой для которых служат биополимеры. К таким полимерам относится хитозан – природный полисахарид, не оказывающий на окружающую среду токсичного воздействия и биосовместимый с тканями живых организмов, что очень важно для применения в медицине. Кроме того, хитозан может сам выступать не только стабилизатором НЧ, но и восстановителем ионов [1].

Ранее мы проводили синтез НЧ в водных растворах высокомолекулярного хитозана со среднемассовой молекулярной массой 311 кДа [2]. Были подобраны оптимальные условия формирования НЧ серебра со средним размером 40–70 нм: температура 75°C, поддерживаемая на протяжении всего синтеза; рН в диапазоне 6.9 — 7.9; время синтеза от 20 минут до 1 часа в зависимости от количества добавленного Na₂CO₃. Вместе с тем, известно, что олигохитозаны обладают некоторыми преимуществами по сравнению с высокомолекулярными: они более растворимы в водных средах и их растворы имеют более низкие значения коэффициента вязкости по сравнению с высокомолекулярными хитозанами; у них лучше профили

поглощения и больше совместимость с технологиями и компонентами товаров народного потребления; кроме того, олигохитозаны обладают достаточно высокой антимикробной активностью [3]. Поэтому целью настоящей работы являлось исследование возможности направленного синтеза монодисперсных НЧ серебра в водных растворах олигохитозанов.

Исследования проводили с использованием олигохитозанов молекулярных масс 6 и 12 кДа, синтезированных и любезно предоставленных авторами работы [4].

Как и предполагалось, синтез наночастиц серебра в растворах олигохитозанов оказался более сложной задачей, чем в случае высокомолекулярного хитозана. На этапе отработки при строгом контроле всех параметров синтез в растворах олигохитозанов носил статистический характер (например, из десяти опытов только в пяти-шести удавалось достичь высокого выхода мономодальной фракции). Мономодальные распределения НЧ в таких системах имеет место лишь в достаточно узком диапазоне концентраций реагентов при ведении синтеза в том же температурном режиме (75°C), что и в случае высокомолекулярного хитозана. Для $M_w = 6$ кДа молярное соотношение хитозан : AgNO_3 : Na_2CO_3 составило 1 : 50 : 3, для $M_w = 12$ кДа – 1 : 190 : 6.

ИК-спектральные исследования показали, что в восстановлении серебра из его нитрата и стабилизации НЧ, как и в случае высокомолекулярного хитозана, участвуют и амино-, и гидроксильные группы молекул.

Исследования методом просвечивающей электронной микроскопии показали, что форма синтезированных НЧ близка к сферической, а размер согласуется со значениями, полученными с помощью динамического рассеяния света. Кроме того, была оценена толщина полисахаридной оболочки на поверхности НЧ, которая составила 2–5 нм.

Литература

1. Di Carlo G., Curulli A., Toro R.G., Bianchini C., De Caro T., Padeletti G., Zane D., Ingo G.M. // *Langmuir*. 2012. V. 28. № 12. P. 5471-5479.
2. Урютина О.Я., Уродкова Е.К., Жаворонок Е.С., Высоцкий В.В., Сенчихин И.Н. // *Коллоидный журнал*. 2019. Т. 81. № 2. С. 263-267.
3. Blagodatskikh I.V., Kulikov S.N., Vyshivannaya O.V., Bezrodnykh E.A., Tikhonov V.E. // *Biomacromolecules*. 2017. V. 18. № 5. P. 1491-1498.
4. Blagodatskikh I.V., Bezrodnykh E.A., Abramchuk S.S., Muranov A.V., Sinitsina O.V., Khokhlov A.R., Tikhonov V.E. // *Journal of Polymer Research*. 2013. V. 20. № 2. 10 p.