

**Исследование поведения цитрат-стабилизированных наночастиц серебра в природных водах****Родионов Константин Михайлович***Студент (бакалавр)*

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Институт химии и проблем устойчивого развития (ИПУР), Кафедра ЮНЕСКО "Зелёная химия для устойчивого развития Новомосковск, Россия

*E-mail: kostya.rodionov.240@mail.ru*

Наночастицы серебра включаются в состав многих потребительских товаров, что неизбежно приводит к их дальнейшему попаданию в компоненты окружающей среды. Ввиду этого необходимо исследовать их дальнейшую трансформацию.

Исследование заключается в изучении поведения цитрат-стабилизированных наночастиц серебра в различных типах вод методами оптической спектрофотометрии и динамического рассеяния света (ДРС). Использовались следующие типы вод с рассчитанной на основании химического состава по формуле (1) ионной силой: дистиллированная вода, городская водопроводная вода -  $7,5 \times 10^{-3}$  моль/л, рН = 7,2; вода из артезианской скважины -  $3,9 \times 10^{-2}$  моль/л, рН = 7,1; минеральная вода -  $3,8 \times 10^{-3}$  моль/л, рН = 8,4; морская вода -  $2,7 \times 10^{-1}$  моль/л, рН = 8,1.

$$I=1/2\sum C_i Z_i^2 \quad (1)$$

Наночастицы серебра были получены методом, описанным в работе [1]. Средний размер полученных наночастиц серебра составил  $5 \pm 1$  нм,  $\zeta$ -потенциал составил -55 мВ. Далее полученный гидрозолю (исходный раствор:  $C [AgClO_4] = 3 \times 10^{-4}$  моль/л;  $C [Na_3C_6H_5O_7] = 3 \times 10^{-3}$  моль/л) был смешан с исследуемыми водами в соотношении 1:1 по объему. Было установлено, что наночастицы серебра в дистиллированной воде имеют наибольшую устойчивость (спектр оптического поглощения, размер и  $\zeta$ -потенциал не менялись на протяжении всего исследования - 14 дней). Это связано с отсутствием в воде примесей. Наночастицы серебра в минеральной воде показали высокую устойчивость, что можно объяснить низким содержанием элементов, обладающих сродством к серебру, и невысоким значением ионной силы. Однако, размер частиц увеличился от 5 нм до  $\sim 6$  нм и  $\sim 12$  нм, на 7 и 14 день, соответственно.  $\zeta$ -потенциал после смешивания с водой составил -72 мВ, однако на 7 день изменился до -23 мВ, что указывает на сжатие двойного электрического слоя (ДЭС). В водопроводной воде наночастицы серебра показали меньшую устойчивость: так, в спектре оптического поглощения на 14 день появились пики, характерные для крупных наночастиц. Это предположение подтверждают и данные ДРС - на 14 размер составил  $\sim 30$  нм.  $\zeta$ -потенциал после смешивания с водой составил -40 мВ, на 7 день -7 мВ и в последующие дни не изменялся. В воде из артезианской скважины интенсивность оптического поглощения гидрозоля равномерно снижалась и к 14 дню снизилась в 2 раза относительно начального поглощения. Спустя 1 день размер наночастиц составил  $\sim 11$  нм, в последующие дни постепенно рос и уже на 14 день составлял  $\sim 35$  нм.  $\zeta$ -потенциал при смешивании составлял -33 мВ, на 7 день -22 мВ, на 14 -13 мВ, что свидетельствует о неустойчивости гидрозоля ввиду более высокой ионной силы. Наночастицы серебра показали наименьшую устойчивость в морской воде, что объясняется высокой ионной силой. После смешивания интенсивность оптического поглощения гидрозоля снизилась в 3 раза, а спустя сутки поглощение отсутствовало. Размер частиц после смешивания составил  $\sim 1$  мкм. Анализ результатов указывает на выпадение наночастиц в осадок. Таким образом, цитрат-стабилизированные наночастицы серебра устойчивы в течение 1-2 недель в водах с

ионной силой до  $5 \times 10^{-2}$  моль/л, при более высоком значении частицы неустойчивы. Предполагается, что такое поведение связано со сжатием ДЭС при увеличении ионной силы, что приводит к агрегации и осаждению частиц.

### **Источники и литература**

- 1) Wuithschick M. et al. Turkevich in New Robes: Key Questions Answered for the Most Common Gold Nanoparticle Synthesis // ACS Nano. 2015. Vol. 9, № 7. P. 7052–7071.