

# РУССКИЙ ИНЖЕНЕР

## II Всероссийский конгресс с международным участием

(Москва, 30 октября — 1 ноября 2024 года)

### Сборник тезисов



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н.Э. Баумана

2024

УДК 577

## Получение наночастиц серебра методами зеленой химии и низкотемпературный синтез их гибридных с диоксидином систем

Рыжкова Александра Сергеевна<sup>1</sup>

ryyzhkovaas@student.bmstu.ru

Макеева Алина Алексеевна<sup>2</sup>

alina.makeeva@chemistry.msu.ru

Верная Ольга Ивановна<sup>1,2(\*)</sup>

vernaya@bmstu.ru

Семенов Александр Михайлович<sup>2</sup>

alexandrm.semenov@mail.ru

Шабатина Татьяна Игоревна<sup>1,2</sup>

tatyanaashabatina@yandex.ru

<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия<sup>2</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*Перспективным решением проблемы резистентных патогенных микроорганизмов является использование неорганических наночастиц с выраженным бактерицидным эффектом и их комбинаций с антибактериальными препаратами. В данной работе для синтеза серебряных наночастиц использовали водные экстракты лекарственных растений. Средний размер полученных наночастиц серебра составлял 30–60 нм в зависимости от природы экстракта восстановителя. Для синтеза гибридных нанокмпозитов Ag/диоксидин использовали методы криохимии, размер таких частиц составлял 100–400 нм.*

**Ключевые слова:** *зеленый синтез, водные экстракты лекарственных растений, наночастицы серебра, криохимический синтез, диоксидин, гибридные системы*

**Введение.** Наночастицы серебра зарекомендовали себя как одно из перспективных решений проблемы устойчивости патогенных микроорганизмов к лекарственным препаратам. Преимуществами «зеленого синтеза» являются экологическая безопасность процесса и возобновляемость природных материалов, которые могут быть использованы при проведении синтеза [1]. Для получения гибридных систем лекарственного вещества и неорганических наночастиц используют методы криохимической модификации [2].

Целью работы является зеленый синтез наночастиц серебра, криоформирование гибридных систем Ag/диоксидин, определение физико-химических параметров конечных систем, а также установление взаимосвязей между условиями получения наночастиц серебра и систем Ag/диоксидин, их структурой и антибактериальной активностью.

**Материалы и методы, результаты.** В работе использовали следующие прекурсоры: диоксидин (ФС 42-2308-97), нитрат серебра («ХЧ»), дуба кора (ФС.2.5.0071.18), календулы цветки (ФС.2.5.0030.15), ромашки цветки (ФС.2.5.0037.15). Работа проводилась в два этапа: первый включал в себя синтез наноразмерных частиц серебра «зеленым» методом; затем полученные частицы распыляли вместе с антибактериальным препаратом диоксидином

с целью его модификации. Средние размеры наночастиц серебра, синтезированных с использованием различных растительных экстрактов, показаны в таблице.

**Средний размер наночастиц серебра в зависимости от растительного сырья, используемого для получения экстракта-восстановителя**

| Растительное сырье, используемое для получения водного экстракта | Размер наночастиц Ag, нм |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Дуба кора                                                        | 70±7                     |
| Ромашки цветки                                                   | 32±4                     |
| Календулы цветки                                                 | 55±5                     |

Представленные в табл. 1 данные хорошо согласуются с результатами УФ-спектроскопии и микрофотографиями ПЭМ. Полученные коллоидные растворы использованы для синтеза систем Ag/диоксидин. Согласно результатам методов РФА, ИК и УФ-спектроскопии, динамического светорассеяния после включения в системы Ag/диоксидин состав компонентов и размер неорганической фазы не изменились. Полученные частицы и системы были активны в отношении *E.coli* и *S.aureus*. Удельная поверхность частиц композитов Ag/диоксидин составляет  $32\pm 7 \text{ м}^2/\text{г}$ .

**Заключение.** Методом «зеленого синтеза» получены наночастицы серебра, средний размер которых определяется природой экстракта-восстановителя и не зависит от концентрации ионов серебра в растворе предшественнике. Методом криогенной распылительной сушки получены гибридные композиты серебра с антибактериальным препаратом диоксидином, которые представляют собой частицы диоксида серебра размером 10–400 нм, включающие наночастицы серебра со средним размером 30–70 нм.

## Литература

- [1] Huq M., Ashrafudoulla M., Rahman M., Balusamy S., Akter S. Green Synthesis and Potential Antibacterial Applications of Bioactive Silver Nanoparticles: A Review. *Polymers*, 2022, vol. 14, no.4, art. 742. <https://doi.org/10.3390/polym14040742/>
- [2] Шабатина Т.И., Верная О.И., Нуждина А.В., Шабатин В.П., Семенов А.М., Мельников М.Я. Низкотемпературный синтез гибридных наночастиц на основе антибактериального препарата диоксида серебра и наночастиц биологически активных металлов (серебро, медь) и их композитов, включенных в биополимерные криогели. *Журнал физической химии*, 2019, т. 93, № 10, с. 1569–1574.