

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-262

**СИНТЕЗ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА,  
СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПОЛИГАЛАКТУРОНАТОМ НАТРИЯ<sup>\*</sup>**

**SYNTHESIS AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF STABILIZED  
BY SODIUM POLYGALACTURONATE SILVER NANOPARTICLES**

Е. В. Кузнецова<sup>1</sup>, А. В. Немтарев<sup>1,2</sup>, Д. В. Салахиева<sup>1</sup>, Т. И. Салихова<sup>1</sup>, В. Ф. Миронов<sup>2</sup>, Т. И. Абдуллин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

<sup>2</sup>*Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова —  
обособленное структурное подразделение Казанского научного центра РАН*

E. V. Kuznetcova<sup>1</sup>, A. V. Nemtarev<sup>1,2</sup>, D. V. Salakhieva<sup>1</sup>, T. I. Salikhova<sup>1</sup>, V. F. Mironov<sup>2</sup>, T. I. Abdullin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Kazan Federal University*

<sup>2</sup>*Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry — Kazan Scientific Center RAS*

✉ e\_v\_kuznetsova@bk.ru

**Аннотация**

Исследовано формирование наночастиц серебра при восстановлении ионов серебра глюкозой в присутствии полигалактуроната натрия. Подтверждено образование коллоидно-стабильных наночастиц серебра, которые были охарактеризованы на предмет структурных и антибактериальных свойств.

**Abstract**

Formation of silver nanoparticles upon reduction of silver ions with glucose in the presence of polygalacturonan was studied. Colloidally stable silver nanoparticles were obtained, and their structural and antibacterial properties were characterized.

Соединения серебра (СС) являются важными объектами исследований и разработок в области антимикробных средств, включая лекарственные препараты (медицинские, ветеринарные) и материалы медицинского назначения. По причине того, что СС проявляют высокую активность в отношении широкого спектра грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также низкого риска развития резистентности к СС, актуальной задачей является разработка эффективных антибактериальных агентов на основе СС, содержащих наночастицы серебра, с пролонгированной антибактериальной активностью и повышенным профилем безопасности. Перспективным подходом к ее решению является применение принципов «зеленой» химии, которые позволяют генерировать наночастицы серебра с использованием нетоксичных и доступных реагентов, не требующих их удаления из конечной композиции.

В работе исследованы условия получения наночастиц серебра при восстановлении ионов серебра D-глюкозой в присутствии полигалактуроната натрия. Источником серебра служили  $\text{AgNO}_3$  и  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ; количество вводимого в реакцию серебра варьировали в диапазоне от 1 до 25 мол%. Получен ряд коллоидных препаратов серебра, имеющих отрицательный заряд, большинство из которых были стабильны в водной системе.

Согласно УФ-спектроскопии, полученные продукты характеризовались наличием уширенных полос поглощения с максимумом в диапазоне  $\lambda$  410–450 нм, соответствующие поверхностному резонансному плазмонному поглощению наночастиц серебра (размер около 42–70 нм). Использование  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  в качестве источника серебра в сравнении с  $\text{AgNO}_3$  позволяет более полно восстанавливать  $\text{Ag}^+$  в комплексе. Полученные композиты были охарактеризованы методом синхронного термического анализа ТГ-ДСК (термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии), согласно которому для полигалактуронатов серебра характерно две стадии потери массы, обусловленные потерей воды и декарбоксилированием полигалактуроната. Было установлено, что с повышением содержания серебра в комплексах их термостабильность повышается.

По данным метода микроразведений, полученные комплексы серебра ингибировали рост грамотрицательных и грамположительных бактерий. При использовании  $\text{AgNO}_3$  достигались меньшие значения МИК (в пересчете на серебро, 13 мкг/мл), чем в случае  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  (31–63 мкг/мл), что, по-видимому, связано с различием в размерах наночастиц серебра в конечных комплексах. По данным резазуринового метода, полученные комплексы серебра обладали умеренной токсичностью в отношении клеток млекопитающих. Результаты представляют интерес для разработки безопасных и эффективных антибактериальных агентов и материалов на их основе.

\* Исследование выполнено за счет гранта, предоставленного в 2024 г. Академией наук Республики Татарстан, на осуществление фундаментальных и прикладных научных работ в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан.

© Е. В. Кузнецова, А. В. Немтарев, Д. В. Салахиева, Т. И. Салихова, В. Ф. Миронов, Т. И. Абдуллин, 2025