

УДК 546.57

СУХИНА Т.О., магистрант направление Фармацевтическая химия
(БФУ им. И. Канта)

ВАН Е.Ю., к.т.н., доцент (БФУ им. И. Канта)

Научный руководитель ВАН Е.Ю., к.т.н., доцент (БФУ им. И. Канта)
г. Калининград

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ

Наночастицы серебра представляют собой крайне маленькие частицы этого металла, размер которых измеряется в нанометрах. Уникальные свойства подобных частиц делают их весьма интересными для применений в различных сферах, таких как медицина, электроника и промышленность.

Среди свойств наночастиц серебра можно особо выделить их высокую поверхностную активность, причиной которой является большое отношение поверхности к объему. Их использование широко распространено в антимикробных и антибактериальных приложениях благодаря способности серебра уничтожать микробы и ингибировать рост бактерий. Это качество делает наночастицы серебра важным компонентом. Кроме того, их используют в ветеринарии при терапии операционных ран [1] и в легкой промышленности [2]. Осуществляется также отделка наночастицами серебра различных материалов [3]; известны и попытки повысить антибактериальную активность путем комбинации антисептика/антибиотика с препаратом серебра [4-5], а также многие другие применения и исследования данных частиц.

Получение наночастиц серебра — это процесс, направленный на создание мельчайших частиц серебра с размерами в диапазоне от 1 до 100 нанометров. Одним из методов их получения является химический синтез, включающий химические реакции с использованием различных реагентов и стабилизаторов. Этот процесс позволяет точно контролировать размеры и формы наночастиц, что существенно влияет на их свойства и применение в различных технологиях.

Наиболее эффективными для уничтожения болезнетворных микроорганизмов считаются частицы серебра размером 9–15 нм. Они имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра с бактериями или вирусами, тем самым значительно улучшая его бактерицидные действия. Таким образом, применение серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию этого металла в препарате, сохранив при этом все его бактерицидные свойства [6].

Метод «зеленой» химии направлен на создание эффективных и безопасных методов с использованием экологически устойчивых материалов. При получении наночастиц серебра в рамках «зеленой» химии основное внимание уделяется методам, которые максимально снижают или исключают использование токсич-

ных или опасных веществ. Поэтому для получения таких наночастиц мы рассматривали только методы, которые можно использовать в сочетании с природными материалами (см. табл. 1).

Таблица 1. Способы получения наночастиц серебра

№ п/п	Наименование метода	Краткое описание	Достоинства и недостатки
1	Получение б. НЧ нуль-валентного серебра с использованием экстрактов растений. «Зеленый синтез» [7]	Экстракты растений получали вытяжкой БАВ 40% этанолом. Прекурсор — нитрат серебра. Условия проведения: 1) получение экстракта в темноте; 2) температура $\approx 20^{\circ}\text{C}$; 3) время выдержки экстракта ≈ 1 неделя часа; 4) получение НЧ — метод диспергации	Достоинства: — Экологическая устойчивость. Процесс получения наночастиц серебра с использованием растений может быть более экологически чистым по сравнению с традиционными методами. Это связано с тем, что многие химические методы, используемые для синтеза наночастиц, могут приводить к образованию токсичных веществ. В процессе биосинтеза, проводимого растениями, такие вредные вещества могут минимизироваться; — Экономическая выгода; — Увеличение устойчивости к агглютинации Недостатки: — Неоднородность размера частиц. Процесс получения наночастиц с использованием растительных экстрактов может привести к неоднородности размера частиц. — Нестабильность и специфика хранения. Наночастицы серебра могут быть чувствительны к таким окружающим условиям, как свет и воздух.
2	Биосинтез с использованием микроорганизмов [8]	Исследовались микроорганизмы рода <i>Acinetobacter</i> , источником которых были сточные воды. Условия культивирования: Субстрат — (МБП) мясопептонный бульон со слабощелочной средой $\text{pH}=8.0$. Время культивирования — двое суток. Прекурсором являлся нитрат серебра. Условия проведения:	Достоинства: — Экологическая устойчивость. Процесс получения наночастиц серебра с использованием бактерий может быть более экологически устойчивым по сравнению с традиционными химическими методами. Благодаря этому появляется возможность сократить ис-

		<p>1) постоянное перемешивание; 2) температура $\approx 30^{\circ}\text{C}$; 3) время ≈ 72 часа</p>	<p>пользование химических веществ, которые могут быть вредными для окружающей среды;</p> <p>— Биологическая совместимость. Бактерии могут быть более биологически совместимыми с некоторыми живыми системами. В частности, наночастицы серебра, полученные с использованием бактерий, могут иметь меньший потенциал токсичности для живых организмов;</p> <p>— Биомимикрия. Процесс, использующий бактерии, может воспроизводить природные механизмы синтеза наночастиц, что способно привести к улучшению эффективности и стабильности продукта.</p> <p>Недостатки:</p> <p>— Сложность контроля размера частиц. Участие в синтезе микроорганизмов иногда приводит к формированию частиц различных размеров, в результате чего контроль над их величиной может усложниться.</p> <p>— Непредсказуемость. Процессы, основанные на воздействии микроорганизмов, могут быть менее предсказуемыми и менее управляемыми по сравнению с химическими методами.</p>
3	Исследование оптических свойств нанобиокомпозитов на основе серебра и полисахаридов морских водорослей [9]	<p>Исследовалась оптическая плотность НЧ серебра, полученного из нитрата серебра и полисахаридов морских водорослей.</p> <p>Прекурсором являлся нитрат серебра («х. ч.») и альгинат натрия, полученный из морских водорослей.</p> <p>Условия проведения:</p> <p>1) постоянное перемешивание; 2) температура $\approx 20^{\circ}\text{C}$; 3) время ≈ 24 часа.</p>	<p>Достоинства</p> <p>— Биологическое происхождение. Водоросли представляют собой естественный источник, что делает этот метод более экологически чистым и устойчивым, нежели традиционные.</p> <p>Процесс производства наночастиц серебра с использованием водорослей может быть более природоориентированным по сравнению с химическими методами.</p>

		<p>— Легкость масштабирования. Процесс использования водорослей для синтеза наночастиц может быть более легко масштабируемым по сравнению с некоторыми химическими методами.</p> <p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Низкая производительность. Эффективность производства наночастиц серебра с использованием водорослей может быть низкой, что означает небольшую выходную продукцию по сравнению с другими методами синтеза наноматериалов. — Сложность контроля размера частиц.
--	--	---

При реализации представленных в таблице способов синтеза наночастиц серебра были использованы такие экологичные материалы, как экстракты листьев растения [7], микроорганизмы [8] и морские водоросли [9].

В ходе рассмотрения метода зеленой химии с помощью водорослей, микроорганизмов и растений был сделан вывод, что все эти компоненты могут эффективно взаимодействовать с ионами серебра, способствуя их редукции и образованию наночастиц. Данный процесс осуществляется за счет биологически активных веществ, выделяемых организмами, которые действуют как стабилизаторы. Таким образом, использование водорослей, микроорганизмов и растений для синтеза наночастиц серебра представляет собой перспективное исследовательское направление, способное внести значительный вклад в разработку экологически безопасных и эффективных технологий.

Список литературы:

1. Коптев В.Ю. – к.в.н., с. н. с.; Леонова М.А. – к.в.н, с.н.с.; Шкиль Н.А. – д.в.н., проф.; Онищенко И.С. – к.в.н., с.н.с. , ИЭВСиДВ СФНЦА РАН; Балыбина Н.Ю. – студент, НГУ; Бычков А.Л. – к.х.н., с.н.с., ИХТТИМХ СО РАН Антибактериальные и иммобилизирующие свойства новой клеевой композиции содержащей наночастицы серебра при терапии операционных ран
2. Р.Р. Яманова, Г.Р. Николаенко О применении наночастиц серебра в легкой промышленности

3. Букина Ю.А. Модификация текстильных материалов посредством нанесения на их поверхность наночастиц серебра / Ю.А. Букина // Актуальные вопросы современной науки. – 2011. - №13 – С.418-420
4. Dehkordi NH, Tajik H, Moradi M, et al. Antibacterial interactions of colloid nanosilver with eugenol and food ingredients. *J Food Prot.* 2019; 82(10):1783–1792.
5. 2. Anuj SA, Gajera HP, Hirpara DG, Golakiya BA. Bacterial membrane destabilization with cationic particles of nano-silver to combat efflux-mediated antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *Life Sci.* 2019; 230:178–187
6. Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра
7. Антропов И.Г., Кошкина О.А., Смолянский А.С. Фотобиосинтез гидрозолов наночастиц серебра с использованием экстракта листьев растения MURRAYA PANICULATA, 2019
8. Лобанова И.В. Способность бактерий рода ACINETOBACTER синтезировать наночастицы серебра и их антибактериальная активность, 2020 г.
9. Юркова И.Н., Панов Д.А., Рябушко В.И., Исследование оптических свойств нанобиокомпозитов на основе серебра и полисахаридов морских водорослей, Серия «Биология и химия», Том 22 (61), 2009, №1, С 203-207