

БИОГЕННЫЕ СЕРЕБРО-СОДЕРЖАЩИЕ НАНОЧАСТИЦЫ КАК БИОЦИДНЫЕ АГЕНТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

О.А. Журавлева¹, А.Ю. Власова^{1,2}, А.И. Килочек³, Т.А. Войкова¹

¹ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

² ФГБОУ ВО «МИРЭА – РТУ», ИТХТ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО Московский политехнический университет, Москва, Россия

Существующая на сегодняшний день проблема распространения мультирезистентных штаммов микроорганизмов диктует необходимость в разработке новых типов препаратов. Активное развитие нанотехнологии позволило получать различные виды серебро-содержащих наночастиц (NPs) с доказанными антимикробными свойствами. Ведутся исследования по подбору оптимальных методов получения NPs, среди которых набирает популярность «зеленый» биосинтез, основанный на использовании микроорганизмов, растений, водорослей, грибов в качестве восстановителей и стабилизаторов наноформ. Преимуществом данного подхода является отсутствие химических стабилизаторов, роль которых выполняют белки, полисахариды и аминокислоты, выделяемые клетками биосубстратов и адсорбируемые на поверхность наноструктур. Биогенные Ag-содержащие NPs не уступают по характеристикам и биоцидной эффективности химически синтезированным аналогам, но характеризуются биосовместимостью с различными организмами [1].

В настоящей работе предложен эффективный способ получения коллоидной суспензии NPsAg и NPsAg₂S из водного раствора азотокислого серебра (AgNO₃) или двухкомпонентной смеси солей AgNO₃ и тиосульфата натрия (Na₂S₂O₃) в присутствии живых клеток металл-восстанавливающей бактерии *Shewanella oneidensis* MR-1.

Полученные NPsAg и NPsAg₂S имели сферическую форму, размеры 15±5 и 7±2 нм, соответственно, кристаллическую структуру с подтвержденным элементным составом. Оба типа NPs имели отрицательный заряд поверхности в близких значениях ζ -потенциала –17...–22 мВ, что характеризует их как метастабильные коллоидные суспензии. На поверхности биогенных NPs идентифицированы белки *S. oneidensis* MR-1 в широком интервале молекулярных масс.

Цель работы – сравнительная оценка уровня антимикробной активности биогенных NPsAg и NPsAg₂S в отношении тест-культур грам (+) бактерии *Bacillus licheniformis* (B-7360), грам (–) *Escherichia coli* K-12 (B-3345), *S. oneidensis* MR-1 (B-9861) и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (Y-3251). Разработка способа получения препаративной формы наноматериала длительного хранения.

Установлено различие в показателе биоцидной активности Ag-содержащих NPs. Так, NPsAg оказались наиболее эффективными ингибиторами роста грам (+) бактерии и дрожжей, тогда как NPsAg₂S воздействовали только на штамм грам (+) бактерии. Тест-культуры грам (–) бактерий оказались слабо восприимчивыми к действию обоих типов NPs.

Для NPsAg, обладающих большей эффективностью в подавлении роста тест-культур, была успешно апробирована технология лиофилизации для получения новой сухой препаративной формы наноматериала с длительным сроком хранения. Показано сохранение функциональной биоцидной активности NPsAg в лиофилизированной и восстановленной водной формах.

Полученные результаты представляют практический интерес для применения NPsAg и NPsAg₂S биогенного происхождения как нового класса противомикробных средств направленного действия.

Исследование проведено при поддержке утвержденного Тематического плана НИЦ КИ № 35.3.1-в от 07.10.22. Бактериальные штаммы предоставлены БРЦ ВКПМ.

Литература

1. Salleh A., Naomi R., Utami N.D. et al. The Potential of Silver Nanoparticles for Antiviral and Antibacterial Applications: A Mechanism of Action // Nanomaterials. 2020. V. 10. № 8. 1566. <https://doi.org/10.3390/nano10081566>