

В последнее десятилетие наблюдается экспоненциальный рост в фундаментальных и прикладных областях науки, связанный с синтезом наночастиц (НЧ) благородных металлов, изучением их свойств и практическим использованием. Подъем в этой сфере обусловлен, прежде всего, развитием инструментальных и синтетических методов получения и исследования таких материалов, на которые возлагаются большие надежды, связанные с их использованием в микроэлектронике, оптике, катализе, медицине, легкой промышленности и других областях науки. Наночастицы обладают уникальными свойствами. Важно знать, что чем меньше частица, тем большая часть составляющих ее атомов расположена на поверхности. Эта особенность наноразмерных материалов сильно влияет на химические и физические свойства (бактерицидные, транспортные, каталитические, механические, оптические и др.). О бактерицидных свойствах металлического серебра известно с незапамятных времен. Интерес к серебряным наночастицам был обусловлен возможностью их использования в качестве антибактериальных агентов местного применения. Препараты (типа колларгола) на основе коллоидного серебра, предложенные в 1897 г. немецким хирургом Б. Креде [1], хорошо зарекомендовали себя в медицине и используются по сей день. В небольших концентрациях наночастицы серебра безопасны для клеток млекопитающих, но губительно для большинства бактерий и вирусов, поэтому получило широкое распространение для обеззараживания воды и пищи в быту и в борьбе с инфекциями при лечении людей. Бактерицидные свойства металлического серебра связаны с его медленным окислением и высвобождением ионов Ag^+ в окружающую среду. В этой связи представляется перспективным использование частиц наносеребра как особого класса биоцидных агентов. Наночастицы серебра обладают высокой антибактериальной эффективностью благодаря своей развитой поверхности, обеспечивающей максимальный контакт с окружающей средой. Кроме того, они достаточно малы и способны проникать сквозь клеточные мембраны, влиять на внутриклеточные процессы изнутри. Коллоидное наносеребро – продукт, состоящий из наночастиц серебра, взвешенных в воде, содержащей стабилизатор коллоидной системы (рисунок 1). Типичный размер наночастиц серебра – 5-50 нм. Области применения наночастиц серебра могут быть различными: спектрально-селективные покрытия для поглощения солнечной энергии, в качестве катализаторов химических реакций, для антимикробной стерилизации [2]. Последняя область применения является наиболее важной и включает в себя производство различных средств упаковки, текстиля, перевязки и водоэмульсионных красок и эмалей. В настоящее время на основе коллоидного серебра выпускаются препараты – биологически активные добавки с антибактериальным, противовирусным и противогрибковым действием. Препараты коллоидного серебра являются одними из наиболее распространенных и широко

используемых в индустрии наночастиц. Слой наночастиц серебра покрывают столовые приборы, дверные ручки и даже клавиатуру и «мышки» для компьютеров. Наночастицы серебра используют при создании новых покрытий и косметики. Рис. 1 - Электронная микрофотография коллоидных наночастиц серебра. Наночастицы вещества часто обладают свойствами, которых нет у образцов этих веществ, имеющих обычные размеры. Так, наночастицы серебра становятся хорошими катализаторами химических реакций, а так же непосредственно участвуют в них. Эффективность бактерицидного действия ионов серебра объясняется способностью серебра подавлять работу фермента, с помощью которого обеспечивается кислородный обмен у простейших организмов. Поэтому чужеродные простейшие микроорганизмы гибнут в присутствии ионов серебра из-за нарушения снабжения кислородом, необходимого для их жизнедеятельности. Серебро взаимодействует с пептидогликанами клеточной оболочки, блокируя их способность передавать кислород внутрь клетки бактерии, что приводит к "удушью" микроорганизма и его гибели. Как только на поверхности микробной клетки сорбируются ионы серебра, они проникают внутрь клетки и ингибируют ферменты дыхательной цепи, а также разобщают процессы окисления и окислительного фосфорилирования в микробных клетках, в результате чего клетка гибнет. Также имеются данные, свидетельствующие об образовании комплексов нуклеиновых кислот ионами серебра, вследствие чего нарушается стабильность ДНК и, соответственно, жизнеспособность бактерий. Также допускают, что одной из причин широкого противомикробного действия ионов серебра является ингибирование транс-мембранного транспорта Na^+ и Ca^{++} , вызываемая серебром. Рис. 2 - Вирусы, атакующие клетку. Достижения в области нанохимии и физики «кластеров» указывают на то, что свойства материалов, содержащих ультрадисперсные компоненты, определяются размерами и структурной организацией отдельных наночастиц, продуктов их ассоциации или взаимодействия с другими компонентами системы. Применение наночастиц серебра в отрасли легкой промышленности обусловлено их уникальными бактерицидными и фунгицидными свойствами. В работе [3] рассмотрена возможность применения наночастиц серебра в качестве биоцидного агента при производстве кож специального назначения, предназначенных для изготовления верхней одежды и обуви для сотрудников военно-промышленных и нефтегазовых комплексов. В работе используется коллоидный раствор наносеребра, стабилизированный олеиновой кислотой. Необходимо отметить, что стабилизация растворов наночастиц металлов очень важна, так как нестабилизированные частицы теряют агрегативную устойчивость, что приводит к самопроизвольному укрупнению частиц, и соответственно снижению и дальнейшей потере ценных свойств наночастиц. В работе автором найдена минимальная концентрация наночастиц серебра для биоцидной обработки кож

специального назначения, которой достаточно для создания биостойкости кож специального назначения по отношению к модельным микроорганизмам: *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli*. В другой работе [4] установлено, что обработка мехового полуфабриката наночастицами серебра в условиях высокочастотной индукционной плазмы пониженного давления способствует активации функциональных групп белка и наночастиц серебра, в результате чего происходит насыщение поверхностного слоя материала наночастицами серебра и их связывание путем образования комплексных соединений с белком. В результате модификации наблюдается снижение энергии поверхности, что обеспечивает ей водонепроницаемость, происходит максимальное увеличение показателя прочности и наблюдается улучшение трибоэлектрических свойств меха, кроме того, обработанный материал демонстрирует высокие бактерицидные свойства. Кроме того, после данной обработки создается меховой полуфабрикат с уникальными свойствами: необычной оригинальной окраски, с блестящим, шелковистым и рассыпчатым волосным покровом, с тонкой, мягкой, легкой и одновременно прочной кожаной тканью с хорошей потяжкой, бактерицидными свойствами, с низкой электризуемостью, с регулируемыми сорбционными характеристиками, устойчивого к биологическим воздействиям. В работе [5] решается проблема получения наномодифицированных текстильных материалов с устойчивыми во времени свойствами (проблема вымывания наночастиц серебра с поверхности текстильных материалов в течение нескольких циклов стирки). Модификация текстильных материалов наночастицами серебра с применением плазменной обработки, в отличие от других технологий, дает возможность получать текстильные материалы, обладающие не только различными бактерицидными свойствами, но и высокой гидрофильностью, в частности способностью поглощать влаговыведения тела, что является важным гигиеническим показателем и особенно актуально для материалов из синтетических волокон. В 2-х ранее описанных работах применяется коллоидное серебро под названием «Агбион». Концерном «Наноиндустрия» разработаны и выпускаются в опытно-промышленных масштабах под маркой АгБион-1 и АгБион-2 концентраты коллоидного раствора наночастиц серебра в воде и органическом растворителе. Концентрация серебра в растворах составляет 0.045%. Исследователями проведены работы по: - исследованию антимикробного действия указанных препаратов на ряд патогенных микроорганизмов; - выявлению возможности введению наночастиц серебра, как в состав различных материалов, так и на их поверхность, без потери своих биоцидных свойств. Установлено, что препараты АгБион-1 и АгБион-2 обладают бактерицидными, вирулентными, фунгицидными свойствами, а также активны по отношению к плесени и сине-зеленым водорослям. Эффективность действия препаратов подтверждена испытаниями в лаборатории ГУ НИИЭМ им.Н.Ф. Гамалеи РАМН. Препарат АгБион-2 в

разбавленном виде может использоваться для дезинфекции помещений, предметов обстановки, оборудования в лечебно-профилактических, пенитенциарных учреждениях, на объектах коммунального хозяйства, предприятиях общественного питания, в спортивных комплексах, музеях, а также сельскохозяйственных помещениях (коровники, птичники, свинарники). AgБион-1 предназначен, главным образом, для модификации наночастицами серебра различных объектов, в частности текстильных материалов и изделий. Введение наноразмерных частиц серебра в количестве от 0,01% до 0,1% от объема модифицируемого материала приводят к появлению стойкого биоцидного эффекта по отношению к таким наиболее опасным инфекционным возбудителям как синегнойная палочка, золотистый стафилококк, грибковые возбудители, кишечная палочка, дрожжи, и как следствие появлению у материала дополнительного лечебно-профилактического назначения. Наночастицы серебра являются сильнейшими биоцидными агентами, о чем свидетельствуют вышеупомянутые работы различных авторов. Серьезной технической задачей является разработка технологии бактерицидной обработки текстильных, кожевенных и меховых материалов, с помощью применения коллоидного раствора серебра. Важно, применять наносеребро, размер частиц, которых невелик, и не превышает 9-10 нм, т.к. частицы серебра меньшего размера более эффективно проникают в клеточную мембрану микроорганизма и более равномерно в ней распределяется. Следовательно, бактерицидный эффект после обработки материалов наночастицами меньшего размера, будет максимальным.