

Г. Р. Николаенко, Г. Н. Кулевцов, С. Н. Степин,
А. В. Шестов

О ПРИМЕНЕНИИ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В КАЧЕСТВЕ БАКТЕРИЦИДНОГО АГЕНТА В ПРОИЗВОДСТВЕ КОЖ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ключевые слова: кожи специального назначения, наночастицы серебра, бактерицидные агенты.

Кожи специального назначения должны обладать высокими эксплуатационными свойствами, устойчивостью по отношению к воде и действию микроорганизмов, возникающих во влажной обуви или одежде. Целью работы являлось исследование влияния обработки кож специального назначения наночастицами серебра в качестве бактерицидного агента. Найдена оптимальная концентрация раствора наносеребра для пропитки кожи, при которой прекращается жизнедеятельность микроорганизмов.

Keywords: skin special purpose, silver nanoparticles, bactericides.

Skin should have a special purpose high performance, resistance to water and the action of microorganisms encountered in wet clothes or shoes. The purpose was to study the influence of special-purpose processing leather with silver nanoparticles as a bactericidal agent. The optimum concentration of nanosilver solution to impregnate the skin, which stops the activity of microorganisms.

На основании ГОСТ 3123-78 «Производство кожевенное. Термины и определения» группу специальных кож следует рассматривать как кожу основным признаком, которой является специфичность ее использования, что отличает ее от бытовой кожи, эксплуатируемой в обычных условиях, не учитывающей сферу деятельности и состояние человека [1].

Традиционно, кожи специального назначения используются для изготовления обуви, в частности, одежды для работников военно-промышленных и нефтегазовых комплексов. Условия труда данного сегмента работников характеризуются частыми повышенными физическими нагрузками, резкими изменениями климатических условий, а иногда и воздействием агрессивных сред различного характера. Длительное пребывание во влажной обуви и одежде ухудшает теплозащитные, эстетические свойства изделия, более того, создаются благоприятные условия для возникновения и развития бактерий. Поэтому вопрос разработки рекомендаций к технологии производства кож специального назначения, обладающие устойчивостью к биокоррозии, в настоящее время имеет значительный интерес.

Альтернативные пути решения проблем, связанных с недостатками существующей технологии повышения бактерицидной стойкости кожевенных изделий специального назначения, открывает применение наноматериалов с принципиально новыми свойствами. Наиболее подходящее с точки зрения высоких антибактериальных свойств и получившее широкое распространение в медицине является коллоидное или наносеребро.

О бактерицидных свойствах металлического серебра и его соединений известно с незапамятных времен. В небольших концентрациях оно безопасно 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 наносеребра в качестве биоцидных агентов [2]. Наночастицы (НЧ) обладают большой 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 [3].

В данной работе синтез НЧ серебра осуществляли путем фотохимического восстановления из раствора аммиачного комплекса серебра согласно методике, описанной в [4], заменив стабилизатор (олеиновую кислоту) и восстановитель (глюкозу) на стабилизатор-восстановитель натриевую соль полиакриловой кислоты. В процессе синтеза осуществляли мониторинг положения пика плазмонного резонанса, характерного для наночастиц серебра, снимая спектры поглощения при помощи спектрофотометра Proscan MC 122. Процесс останавливали при достижении неизменности спектра поглощения. Распределение полученных НЧ серебра по размерам, определенное при помощи PhotoCor Complex, составило $5 \pm 1,4$ нм.

Для проведения исследований влияния наночастиц серебра на антибактериальные свойства кожи использовали кожевенный полуфабрикат из шкур овчины. Образцы краста (крашеный полуфабрикат) пропитывались в водном растворе наночастиц серебра в течение 2 ч., после чего были высушены в сушильном шкафу при температуре 50°C до постоянной массы. Растворы для пропитки образцов с содержанием исходного золь серебра (содержание НЧ – 1%) с дистиллированной водой. Микробиологическое исследование проводили по 3-м методикам с использованием имитационных и реальных питательных сред.

Метод № 1: стандартный метод исследования чувствительности микроорганизмов (МО) к действию антибиотиков и антисептиков на твердых питательных средах (диффузионный метод бумажных дисков) в модификации. Метод основан на диффузии антисептика в толщу агара и образовании, так называемых, зон ингибиции.

Тест-культуры: грамположительные спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* и грамотрицательные неспорообразующие бактерии *Escherichia coli*.

Ход исследования. В чашки Петри со стерильной плотной питательной средой МПА (мясо-пептонный агар) вносили 0,5 мл бактериальной суспензии и распределяли ее равномерно по поверхности среды шпателем Дригальского. Через 1 час на поверхность чашки в центр помещали исследуемый образец кожи. Чашки инкубировали в термостате в течение 3-х суток при температуре 28 °С. По окончании инкубации измеряли размер зоны задержки роста микроорганизмов (зоны ингибиции).

На рисунке 1 графически представлена зависимость зон ингибиции от концентрации раствора наносеребра. С увеличением концентрации наносеребра в растворе увеличивается размер зоны задержки МО, что вполне объяснимо. Однако при концентрации наносеребра 0,1 % он выходит на так называемую точку «плато», и перестает увеличиваться. Исходя из этого, принимаем концентрацию раствора наносеребра 0,1 % - оптимальной, в качестве бактерицидного агента для получения специальных кож из шкур овчины.

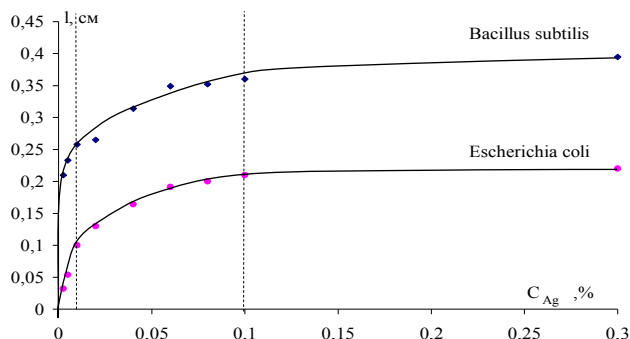


Рис. 1 – Зависимость зоны задержки роста МО от концентрации раствора НЧ серебра

Ниже на рисунке 2 представлены фотографии контрольных (левый столбец) и опытных образцов, обработанных в растворе НЧ серебра с концентрацией 0,1% (правый столбец) на твердых питательных средах МПА.

На фотографиях, представленных на рисунке 2 видно, что контрольных образцах отсутствует зона задержки роста микроорганизмов (зоны ингибиции). На чашках Петри, где находится образец, обработанный в растворе НЧ серебра, отчетливо наблюдаются зоны ингибиции, которые равны 0,41 и 0,38 мм соответственно.

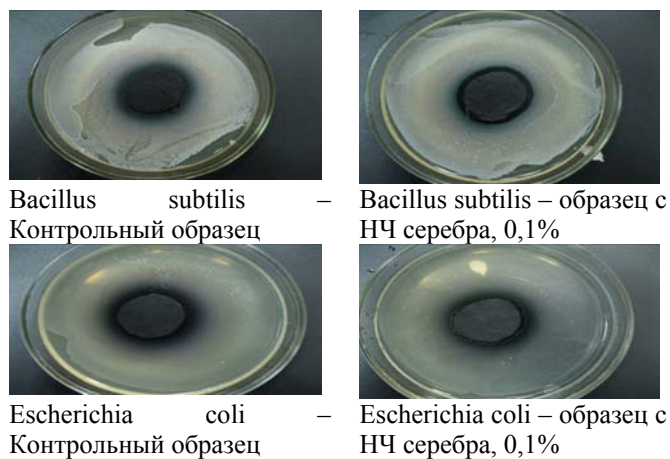


Рис. 2 - Фотографии контрольных и опытных образцов кож на твердых питательных средах МПА

Далее образцы кож, пропитанные НЧ серебра, с концентрацией 0,1% подвергались воздействию (имитация опытной носки изделия) в течение 24 часов (день – носка, ночь – оставались в обуви).

Метод № 2: Погружение образцов в стерильную жидкую питательную среду.

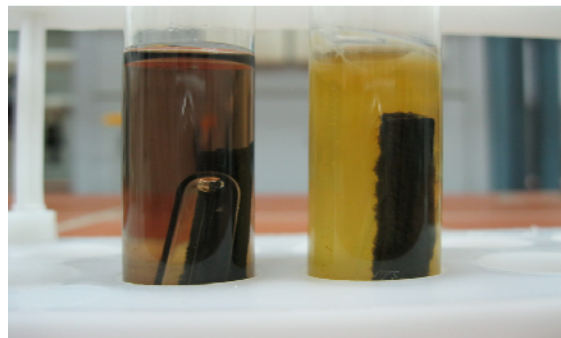


Рис. 3 - Фотографии контрольного (справа) и опытного (слева) образцов кожи в жидкой питательной среде

На опытном образце нет признаков роста МО, очевидно, из-за выхода наносеребра в раствор. Среда осталась прозрачной, не образовалось пленки или осадка, в отличие от контрольного образца. Помутнение среды и образование пленки на поверхности свидетельствуют о развитии различных по отношению к кислороду групп микроорганизмов.

Метод №3: стандартный метод исследования чувствительности микроорганизмов к действию антибиотиков на твердых питательных средах. Исследование проходило следующим образом: в чашки Петри со стерильной плотной питательной средой МПА размещались образцы кож, без доступа воздуха (герметизация вазелином). Чашки инкубировали в термостате в течение 1-х суток при температуре 28 °С. Результаты исследования представлены на рисунке 4.

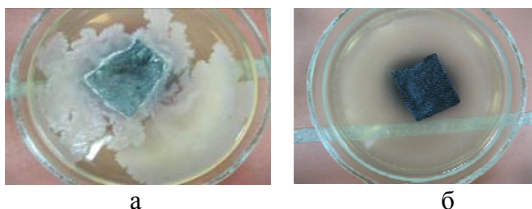


Рис. 4 – Фотографии контрольного (а) и опытного (б) образцов кож на реальной питательной среде

По фотографиям видно, что на контрольном образце наблюдается сильное заращение колоний микроорганизмов. Имеется сильный запах продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. На опытном образце - полное отсутствие роста и запахов.

Из вышепредставленных результатов исследований, можно сделать вывод о том, что наносеребро обладает сильным бактерицидным действием для кожных материалов, т.к. оказывает губительное воздействие на многие микроорганизмы, в том числе, на МО, образующиеся внутри обувного пространства человека.

Литература

1. Зыбин Ю.П. Технология изделий из кожи – М.: Легкая индустрия, 1975. – 464 с.
2. Букина Ю.А. Получение антибактериальных текстильных материалов на основе наночастиц серебра посредством модификации поверхности текстиля неравновесной низкотемпературной плазмой / Ю.А.Букина, Е.А.Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №7. – С.125-129.
3. Катнова Р.Р. Влияние промоторов адгезии на эксплуатационные характеристики полиакрилатных покрытий / Р.Р.Катнова, В.Е.Катнов, А.В.Вахин, С.Н.Степин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №6. – С.95-98.
4. Anh-tuan le, Фотохимический синтез наночастиц серебра, обладающих высокой антибактериальной активностью / Anh-Tuan Le, P.T. Huy, Tran Quang Huy, Phung Dac Cam, A.A. Кудринский, А.Ю. Оленин, Г.В. Лисичкин, Ю.А. Крутяков // Российские нанотехнологии. – 2010.- т.5.- №7-8, С. 125-131.

© **Г. Р. Николаенко** – асп. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ, grkalimullina@gmail.com; **Г. Н. Кулецов** – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, gkulevtsov@rambler.ru; **С. Н. Степин** - д-р хим.наук, проф., зав. каф. химической технологии лаков, красок и лакокрасочных покрытий КНИТУ, stepin@kstu.ru; **А. В. Шестов** – к.э.н., доцент каф. менеджмента и предпринимательства МГУТУ им. К.Г.Разумовского.