

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРОПИТАННЫХ РАСТВОРАМИ НАНОЦИТРАТА СЕРЕБРА**

**THE STUDY OF THE PROPERTIES
OF TEXTILE DRESSING MATERIALS,
IMPREGNATED WITH SOLUTIONS OF SILVER NANOCITRATE**

*В.М. ДЖАНПАИЗОВА, Р.С. ТАШМЕНОВ, Г.С. КЕНЖИБАЕВА, И.С. КИМ,
Г.Ш. АШИРБЕКОВА, Н.А. АЙТОРЕЕВ*

*V.M. JANPAIZOVA, R.S. TASHMENOV, G.S. KENZHIBAYEVA, I.S. KIM,
G.SH. ASHIRBEKOVA, N.A. AYTOREIV*

(Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова, Республика Казахстан)

(M.Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: vasmir1@mail.ru

В данной статье рассмотрены результаты исследования свойств модифицированных перевязочных материалов водными растворами наночитрата серебра. Проведенные исследования показали зависимость антибактериального эффекта перевязочных материалов, импрегнированных водными растворами цитрата серебра, от концентрации этих растворов. Приведены результаты по определению бактерицидных свойств образцов марли, обработанных 0,02...0,04%-ном раствором наночитрата серебра, которые показали, что пропитанные перевязочные материалы обладают высокими биоцидными, бактерицидными и бактериостатическими свойствами, препятствующими росту развития бактерий.

This article discusses the results of research on the properties of modified dressings with aqueous solutions of silver nanocitrate. Studies have shown that the antibacterial effect of dressings impregnated with aqueous solutions of silver citrate depends on the concentration of these solutions. The results of determining the bactericidal properties of gauze samples treated with 0.02-0.04% solution of silver nanocitrate are presented, which showed that the impregnated dressings have high biocidal, bactericidal and bacteriostatic properties, preventing the growth of bacteria.

Ключевые слова: текстильные перевязочные материалы, наночитрат серебра, бактерицидные свойства, антибактериальный эффект, пропитка, нанотехнологии.

Keywords: textile dressings, nano silver citrate, bactericidal properties, antibacterial effect, impregnation, nanotechnologies.

Во всем мире наблюдается интенсивное распространение нанотехнологий, то есть технологий, направленных на получение и эффективное практическое использование нанообъектов и наносистем с заданными свойствами, которые находят применение

во многих отраслях промышленности. Главным признаком нанотехнологий является возможность управлять процессами превращения вещества на уровне молекул, создавая объект с новыми, заданными химическими, физическими и биологическими свойствами.

кими свойствами. Совокупность методов и приемов обеспечивает возможность под контролем создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты размером 1...100 нм, которые имеют принципиально новые качества, которые позволяют улучшать эксплуатационные и потребительские характеристики и свойства полученных продуктов [1], [2].

Одним из перспективных остается направление изучения антимикробного действия наночастиц металлов с целью дальнейшего их использования в текстильной, медицинской, пищевой и других отраслях промышленности [3...5]. Потребность в производстве высококачественных текстильных материалов специального назначения с высокими гигиеническими характеристиками, а также антимикробными и антистатическими свойствами, обуславливает актуальность разработки данной темы.

В настоящее время большой интерес вызывает получение антибактериальных волокнистых текстильных материалов, включающих наноразмерные частицы серебра или его малорастворимые соединения. Наибольший антибактериальный эффект достигается в материале на основе хлопка, льна наноразмерными (1...100 нм) частицами серебра. Широкое применение данного материала сдерживает низкая прочность связывания наноразмерных частиц металлического серебра с тканевым носителем, последнее не позволяет многократно использовать текстильный волокнистый материал, а высушивание пряжи при температуре 120...160°C в течение 40...60 мин может приводить к ее деструкции [6].

В связи с актуальностью данного направления по модификации текстильных перевязочных материалов были получены в опытно-промышленных условиях опытные образцы с измененными поверхностными свойствами путем нанесения на их поверхность наночастиц серебра для придания текстильным материалам антисептических свойств.

Микробиологические испытания антимикробного влияния водных растворов на тест-культуры было выполнено в экспери-

ментальных условиях (*invitro*) суспензионным, глубинным и поверхностным микробиологическими методами оценки антимикробных свойств.

В работе использовались следующие эталонные штаммы тест-культур: *E.coli* ATTC 25922; *S.aureus* ATCC 25923; *P.aeruginosa* ATCC 27853.

Концентрация тест-штаммов бактерий 10^8 КУО/см³.

Исследование антимикробных свойств перевязочного материала (ПМ), обработанного 0,002% и 0,004%-ными рабочими растворами комплексного раствора проводили с использованием тест - культур поверхностным и глубинным методами оценки антимикробных свойств.

ПМ пропитывали рабочими растворами необходимой концентрации, отжимали и высушивали естественным путем. Исследование антимикробного действия ПМ на культурах микроорганизмов проводили согласно методикам ВС [7], [8]. Образцы ПМ диаметром 20x20 мм помещали на поверхность и в толщу среды МПА с культурой соответствующего микроорганизма в чашках Петри, инкубировали в термостате при температуре $(37 \pm 1)^\circ \text{C}$. Через 24 ч измеряли диаметры зон задержки роста вокруг образцов ПМ. Контролем в данном эксперименте были образцы ПМ, пропитанные стерильной дистиллированной водой.

Паралельно ставили контроль общего количества колоний микрофлоры в течение каждого срока экспозиции. Также контролировали стерильность питательных сред и ростовые свойства использованных культур.

Определение оптимальной концентрации комплексного раствора на основе цитрата серебра для пропитки медицинских материалов с целью придания им антимикробных свойств по отношению к *S.aureus* ATCC 25923, *E.coli* ATTC 25922 и *Paeruginosa* ATCC 27853 проводили поверхностным и глубинным методами.

В данном случае использовали перевязочный материал (ПМ) – бинт марлевый нестерильный ГОСТ 1172–93 и рабочие растворы в концентрации 0,002% и 0,004% (рН 4,5). Контролем в данном эксперименте

были образцы ПМ, не содержащие комплексного раствора. Количественную оценку антимикробной активности образцов ПМ с различным содержанием цитрата серебра проводили по величине зоны задержки роста исследуемых микроорганиз-

мов вокруг пробы образца. Полученные результаты исследований представлены в табл. 1 (антимикробное действие ПМ, импрегнированного комплексным раствором на основе цитрата серебра (мм)).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Тест - культуры	Растворы		Контроль
		содержит 0,02 г/л Ag	содержит 0,04 г/л Ag	
зоны задержки роста (поверхностный метод)				
1	E. coli	2-3	3-4	0
2	S.aureus	3-4	4-5	0
3	P. aeruginosa	1-3	3-5	0
зоны задержки роста (глубинный метод)				
4	E. coli	5-6	6-7	0
5	S.aureus	4-5	5-7	0
6	P. aeruginosa	3-4	5-6	0

По данным табл. 1, видна зависимость антибактериального эффекта перевязочных материалов, импрегнированных водными растворами на основе цитрата серебра от концентраций этих растворов. Эта зависимость проявлялась в размере зоны задержки роста исследуемых микроорганизмов вокруг пробы образца. При этом тест-культуры проявили достоверную чувствительность к импрегнированному ПМ. Образцы ПМ, обработанные водными растворами с концентрацией 0,002%, продемонстрировали в опытах задержку зоны роста по изучаемым культурам поверхностным методом от 1 до 4 мм. И при использовании 0,004% зоны задержки роста были от 3 до 5 мм по сравнению с контролем.

По данным табл. 1 при глубинном методе постановки эксперимента результаты были лучше, чем при поверхностном – зоны задержки роста микроорганизмов вокруг исследуемых образцов ПМ были от 3 до 7 мм, что подтверждает антимикробную активность E.coli, S.aureus и P. aeruginosa. Это объясняется тем, что антимикробные вещества диффундировали по всей поверхности ПМ в толщу агара, задерживая рост бактерий (четкая зона ингибирования). При контакте культуры с образцом текстильного волокнистого материала, не содержащего серебро, зона ингибирования отсутствовала. Проведенное исследование подтверждает антимикробную активность растворов нанокарбоксилаты относительно

грамположительной и грамотрицательной микрофлоры.

Анализ современных микробиологических методов для определения антимикробных свойств материалов показал, что выбор этих методов зависит от диффузионных свойств реагента и от степени ингибирующей способности модифицированных образцов. Поэтому в настоящей работе для оценки антимикробных свойств использовали следующие методы: "зон", аэрозольный и высева на агар из растущей жидкой культуры.

Для исследования были выбраны штаммы бактерий, чаще всего встречающиеся в транзитной микрофлоре: S.aureus, E. Coli, C. albicans, Ps. aeruginosa.

Тест - культуры традиционно являются модельными, имеют общие происхождение, механизмы хранения и реализации наследственной информации, а также схожесть метаболизма с микроорганизмами, присутствующими в микрофлоре человека. Антимикробные свойства обработанных перевязочных материалов (салфетки марлевые), такие как биоцидные, бактерицидные и бактериостатические, определяли соответствующими методами.

- *Биоцидные – методом "зон"*. Оценивали величину зоны задержки роста микроорганизмов вокруг пробы образца. Высокие биоцидные свойства проявляются при зоне задержки роста бактерий более 4 мм. Значения зоны задержки от 4 до 1 мм соот-

ветствуют достоверным биоцидным свойствам.

- *Бактерицидные – аэрозольным методом.* Высоким бактерицидным свойствам соответствует снижение роста числа колоний на модифицированном образце по отношению к контрольному образцу более чем на 50%, а при снижении от 25 до 50% проявляются свойства достоверной бактерицидности ткани.

- *Бактериостатические – методом высева микроорганизмов на плотные питательные среды из растущей жидкой культуры.* Высокие бактериостатические свойства характеризуются снижением размножения микроорганизмов на модифицированном образце по отношению к контрольному образцу на 25% и выше, а при снижении от 15 до 25% проявляются достоверные бактериостатические свойства.

Все концентрации раствора наночитрата серебра были проверены на способность придания антимикробных свойств обработанным тканям. Изначально оценка проводилась методом "зон", который определяет только биоцидные свойства образцов, не отражая уровни бактерицидности и бактериостатичности.

Полученные результаты представлены в табл. 2 (биоцидные свойства целлюлозных перевязочных материалов (салфетки марлевые) после их модификации раствором наночитрата серебра).

Для контрольного образца величина зоны задержки составила *S.aureus*, *E. Coli*, *C. Albicans* – 0 мм.

Для опытных образцов, обработанных составами № 1...6, зона задержки составила для микроорганизма *S.aureus* 11...18 мм, *E. Coli* 4...12 мм, *C. Albicans* 12...18 мм.

Т а б л и ц а 2

Наименование образца	Зона задержки роста, мм		
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>
Состав 1 0,005% Ag	11	4	12
Состав 2 0,01% Ag	14	6	13
Состав 3 0,012% Ag	15	9	15
Состав 4 0,017% Ag	17	10	17
Состав 5 0,02% Ag	18	12	18
Контрольный образец	0	0	0

Из данных исследования видно, что *S. Aureus*, *E. Coli*, *C. Albicans* успешно размножаются на контрольных образцах, но при этом микроорганизмы "не могут даже подкрасться" ближе к местам расположения образцов перевязочных материалов (салфетки марлевые), обработанных в разных концентрациях раствора наночитрата серебра. № 1...5.

Следует отметить, что биоцидный эффект обработанных перевязочных материалов (салфетки марлевые), достигается при очень низких концентрациях раствора наночитрата серебра.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что биоцидные свойства образцов перевязочных материалов (салфетки марлевые), обработанных раствором наночитрата серебра № 5, соответствуют нормам биоцидного эффекта для всех испытываемых штаммов. В сравнении с композициями № 1, 2 достигнутый результат можно объяснить увеличением антимикробного агента в концентрированной дисперсной системе с 0,012 до 0,02%.

Установлено, что биоцидные свойства образцов перевязочных материалов (салфетки марлевые), обработанных раствором

наноцитрата серебра № 5, где в качестве антимикробного агента применяли растворы наноцитрата серебра, обладают повышенными биоцидными свойствами ко всем штаммам бактерий.

Все полученные данные свидетельствуют о перспективности применения раствора наноцитрата серебра № 5, как с точки зрения достаточной степени биоцидности, так и с позиции экологической безопасности. Из полученных данных следует, что данные композиции можно рекомендовать

для модификации медицинских материалов или изделий.

Исследование динамики роста бактерий было проведено посредством другого микробиологического метода, в ходе которого были определены высокие бактерицидные и бактериостатические показатели. Результаты представлены в табл. 3 (бактерицидные свойства перевязочных материалов (салфетки марлевые) после их модификации раствором наноцитрата серебра).

Т а б л и ц а 3

Наименование Образца	Эффективность антибактериального действия, %		
	S. aureus	E. coli	C. albicans
Состав 1 0,005% Ag	58,1	62,4	69,2
Состав 2 0,01% Ag	69,8	74,3	75,6
Состав 3 0,012% Ag	71,2	78,8	79,8
Состав 4 0,017% Ag	84,4	86,9	84,4
Состав 5 0,02% Ag	90,0	96,1	92,8
Контрольный образец	0	0	0

Бактерицидные свойства образцов перевязочных материалов (салфетки марлевые), обработанных композициями №1...5, представленные в табл. 3, находятся на достаточно высоком уровне. Для контрольных образцов количество выросших колоний составило S.aureus – $1,4 \times 10^4$, E. Coli – $1,5 \times 10^4$, C. Albicans – $2,0 \times 10^4$.

Для проверки на бактериостойкость были проведены высевы тест-штаммов на

свежую среду Эндо, ЖСА, МПА, Сабуро для определения их жизнеспособности. Модифицированные материалы обрабатывали раствором тест-штаммов и помещали в чашки Петри, затем были помещены в эксикатор с водой для создания необходимой влажности. Инкубация была проведена при температуре 28...37°C в течение 24...48 ч.

Т а б л и ц а 4

Регистр. номер	Наименование образца. Место отбора образца	Зона задержки роста, мм, эффективность антибактериального действия, %			Стойкость к воздействию микроорганизмов
		E.coli	S. aureus	C.albicans	
1	№ 0 контрольный	0	0	0	Интенсивность прорастания тест-штаммов на необработанном образце составила 4 балла. Интенсивность роста тест-штаммов в обработанном образце перевязочных материалов оценена на 3 балла. Таким образом, используемый биоцид, которым обработан образец ткани, обладает достаточным угнетающим эффектом по отношению к тест-штаммам.
2	№1 состав 1 0,012% Ag	5мм (58,7%)	6мм (52,4%)	8мм (61,4%)	
3	№1 состав 2 0,017% Ag	7мм (58,6%)	10мм (74,8%)	5мм (70,4%)	
4	№1 состав 3 0,02% Ag	9мм (74,2%)	13мм (90,3%)	12мм (89,7%)	
5	№1 состав 1 0,012% Ag	6мм (64,1%)	8мм (54,6%)	10мм (59,4%)	
6	№1 состав 2 0,017% Ag	8мм (69,8%)	11мм (78,4%)	13мм (80,2%)	
7	№1 состав 3 0,02% Ag	10мм (79,4%)	15мм (87,6%)	16мм (58,7%)	

Результаты показали, что через 24...48 часов наблюдался рост четырех исследуемых тест-штаммов на необработанном образце перевязочных материалов (салфетки марлевые). Интенсивность прорастания тест-штаммов составила 4 балла (заметный рост, но не по всей поверхности заражения). Интенсивность роста тест-штаммов *E.coli*, *S.aureus* в обработанном образце ткани оценена на 3 балла – слегка заметный рост, относительно *S. albicans* рост грибов не наблюдался (табл. 4 – стойкость к воздействию микроорганизмов).

Таким образом, можно отметить, что используемые биоциды, которыми обработаны образцы перевязочных материалов (салфетки марлевые), обладают достаточным угнетающим эффектом по отношению к тест-штаммам.

ВЫВОДЫ

1. Пленка коллоидного раствора наночитрата серебра, нанесенная на поверхность волокон, действует в качестве барьера и контроля микроорганизмов, которые вступают в контакт с поверхностью волокна.

2. При придании антимикробных свойств перевязочным материалам (салфетки марлевые) в результате обработки раствором наночитрата серебра эксплуатационные свойства не изменяются, равно как и цвет, запах, внешний вид перевязочных материалов (салфетки марлевые).

3. Перевязочные материалы (салфетки марлевые), модифицированные частицами наночитрата серебра, обладают высокими биоцидными, бактерицидными и бактериостатическими свойствами, ингибируют рост и развитие патогенных бактерий.

4. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что наибольшие значения зон задержки роста и бактерицидного эффекта наблюдаются у образцов перевязочных материалов, пропитанных раствором с концентрацией 0,004%, содержащим 0,04 г / л цитрата серебра. Данная концентрация может быть рекомендована для дальнейших испытаний импрегнации материалов медицинского назначения и других

тканей в зависимости от целей исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рашидова С.Ш., Рубан И.Н., Воропаева Н.П. Создание наночастиц и наноструктур в системах на основе природных полимеров и их применение в биотехнологии, медицине и сельском хозяйстве // Мат. 2-го Российского научн.-метод. семинара: Наночастицы в природе. Нанотехнология в приложении к биологическим системам, (21 сентября 2004 г.). – М., 2005. С. 9...17.

2. Чекман І.С. Наночастинки: властивості та перспективи застосування // Укр. біохім. журн. – 2009, 81, № 1. С. 122...129.

3. Онищенко Г.Г., Арчаков А.И., Бессонов В.В. и др. Методические подходы к оценке безопасности наноматериалов // Гигиена и санитария. – 2007, №6. С.3...10.

4. Travan A., Pelillo C., Donati I., Marsich E. Non-cytotoxic silver nanoparticle-polysaccharide nanocomposites with antimicrobial activity // Biomacromolecules. – 10, № 6, 2009. P. 1429...1435.

5. Sharma V.K., Yngard R.A., Lin Y. Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities // Adv. Colloid. Interface Sci. – 145, 2009 № 1–2. P.83...96.

6. Teufel L., Scuster k., Redl B. Bacteria at the interface of textiles and skin // Proceedings of the 46-th Man-made fibers Congress. – Dornbirn. 19 – 21 September. 2007.

7. Shrestha A., Shi Z., Neoh K.G. et al. Nanoparticulates for antibiofilm treatment and effect of aging on its antibacterial activity // J. Endod. – Vol. 36, № 6, 2010. P. 1030...1035.

8. Определение чувствительности, устойчивости микроорганизмов к дезинфицирующим средствам. – МР.- К., 2008. С. 4...12.

REFERENCES

1. Rashidova S.Sh., Ruban I.N., Voropaeva N.P. Sozdanie nanochastits i nanostruktur v sistemakh na osnove prirodnykh polimerov i ikh primeneniye v biotekhnologii, meditsine i sel'skom khozyaystve // Mat. 2-go Rossiyskogo nauchn.-metod. seminar: Nanochastitsy v prirode. Nanotekhnologiya v prilozhenii k biologicheskim sistemam, (21 sentyabrya 2004 g.). – M., 2005. S. 9...17.

2. Chekman I.S. Nanochastinki: vlastivosti ta perspektivi zastosuvannya // Ukr. biokhim. zhurn. – 2009, 81, № 1. S. 122...129.

3. Onishchenko G.G., Archakov A.I., Bessonov V.V. i dr. Metodicheskie podkhody k otsenke bezopasnosti nanomaterialov // Gigena i sanitariya. – 2007, №6. S.3...10.

4. Travan A., Pelillo C., Donati I., Marsich E. Non-cytotoxic silver nanoparticle-polysaccharide nano-com-

posites with antimicrobial activity // Biomacro-molecules. – 10, № 6, 2009. R. 1429...1435.

5. Sharma V.K., Yngard R.A., Lin Y. Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities // Adv. Colloid. Interface Sci. – 145, 2009 № 1–2. R.83...96.

6. Teufel L., Scuster k., Redl B. Bacteria at the interface of textiles and skin // Proceedings of the 46-th Manmade fibers Congress. – Dornbirn. 19 – 21 September. 2007.

7. Shrestha A., Shi Z., Neoh K.G. et al. Nanoparticulates for antibiofilm treatment and effect of aging on its

antibacterial activity // J. Endod. – Vol. 36, № 6, 2010. R. 1030...1035.

8. Opredelenie chuvstvitel'nosti, ustoychivosti mikroorganizmov k dezinfitsiruyushchim sredstvam. – MR.- K., 2008. S. 4...12.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов. Поступила 22.01.20.
