
Р.И. ДОВНАР¹, С.М. СМОТРИН¹, А.Ю. ВАСИЛЬКОВ², А.И. ЖМАКИН¹

**АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ И ПРОТИВОГРИБКОВЫЙ
ЭФФЕКТ ПЕРЕВЯЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА,
СОДЕРЖАЩЕГО НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА**

УО «Гродненский государственный медицинский университет»¹,
Республика Беларусь,

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова²,
Российская Федерация

Цель. Изучить антибактериальный и противогрибковый эффект перевязочного материала на основе бинта марлевого медицинского, содержащего наночастицы серебра, полученных методом металло-парового синтеза.

Материал и методы. В работе использовались штаммы микроорганизмов и грибок рода *Candida*, выделенные из гнойных ран пациентов хирургических отделений. Определение антибактериального и противогрибкового действия бинта, содержащего наночастицы серебра, осуществляли на чашках Петри с агаром. Контролем являлся обычный бинт медицинский марлевый. Предварительно у данных штаммов микроорганизмов выявлена чувствительность к антибиотикам или противогрибковым препаратам. Проведен корреляционный анализ антибактериального действия бинта с наночастицами серебра и чувствительности микроорганизмов к антибиотикам.

Результаты. Установлено, что бинт медицинский марлевый, содержащий наночастицы серебра, обладает противобактериальным и противогрибковым свойством. Проведенный корреляционный анализ показал, что связи между резистентностью микробов к антибиотикам и резистентностью к наночастицам серебра нет.

Заключение. Нанокompозитный материал серебро/бинт обладает выраженной антимикробной активностью в отношении грамположительных, грамотрицательных бактерий и кандид. Резистентность микроорганизмов к серебросодержащему перевязочному материалу не коррелирует со спектром и уровнем их чувствительности к антибиотикам.

Ключевые слова: наночастицы серебра, антибактериальный и противогрибковый эффект, бинт медицинский марлевый

Objectives. To study antibacterial and antifungal effect of the bandaging material on the basis of medical gauze bandage containing silver nanoparticles obtained by means of the metal vapor synthesis method.

Methods. In the research the strains of microorganisms and fungi of *Candida* genus were used which had been isolated from the purulent wounds of the surgical patients. Determination of the antibacterial and antifungal effect of the bandaging containing silver nanoparticles was performed on Petri dishes with agar. A usual medical gauze bandage was used for control. Sensitivity to antibiotics and antibacterial preparations had been previously revealed in these strains of microorganisms. The correlation analysis of antibacterial action of the bandaging containing silver nanoparticles was carried out as well as the analysis of microorganisms' sensitivity to antibiotics.

Results. Medical gauze bandage containing silver nanoparticles was found out to have antibacterial and antifungal action. The performed correlation analysis showed that there was no any link between microbes' resistance to antibiotics and resistance to silver nanoparticles.

Conclusions. Nanocomposite material silver/bandage has a marked antimicrobial action in relation to gram-positive and gram-negative bacteria and *Candida*. Microorganisms' resistance to silver-containing bandaging doesn't correlate with the range and level of their sensitivity to antibiotics.

Keywords: silver nanoparticles, antibacterial and antifungal effect, medical gauze bandage

Введение

Повышение антибактериальной устойчивости микроорганизмов является тревожным знаком в современной клинической практике. Это стимулирует поиск, как новых антибактериальных препаратов, так и альтернатив последним [1]. Так, предложено размещение веществ, обладающих антимикробным действием (антисептики, антибиотики, сульфаниламиды, нитрофураны, йод и др.) на перевязочный материал, медицинские устройства [2]. Ставится задача найти вещества, эффективно действующие одновременно как на грамположительные, так и грамотрицательные микроорганизмы и грибы.

Поиск новых антибактериальных и противогрибковых материалов является в настоящее время одним из интенсивно развиваемых направлений, которое создается при кооперации медиков, химиков и материаловедов. Препараты, содержащие ионы серебра, используются благодаря их антимикробному действию, однако широкого применения в гнойной хирургии они не нашли в виду того, что подобные соединения недостаточно эффективны для местного лечения гнойной раневой инфекции.

Использование металлического серебра в качестве антимикробного агента известно с древних времен [3]. Растворы нитрата серебра применялись с 19 века для лечения ожогов и инфекций вплоть до первого получения мази сульфадиазина серебра [4].

Одним из значительных преимуществ использования серебросодержащих препаратов в лечении больных, является ограниченное число побочных эффектов при его местном применении [5]. К ним относится серебряная интоксикация или аргироз, характеризующаяся необратимой пигментацией кожи, которая принимает серебристый или синевато-серый оттенок [5].

Механизм противомикробного эффекта серебра тщательно изучается. В настоящее время установлено, что серебряные ионы избирательно токсичны по отношению к прокариотическим микроорганизмам и слабо влияют на эукариотические клетки [6]. Одновременно, доказана безопасность серебра для кожи человека [7].

Следует отметить, что новые перспективы применения серебра в медицине открываются в связи с развитием нанотехнологии, междисциплинарной области науки, которая занимается созданием, производством и применением структур, устройств и систем, размеры и формы которых контролируются в нанометровой области [8].

Показано, что переведенные в наностояние металлы более выражено проявляют присущие им свойства или приобретают новые [9]. Это связано с тем, что вклад поверхностной энергии наночастиц значителен по сравнению с компактным металлом [10].

Применительно к медицине это означает, что природа взаимодействия наночастицы с бактерией или грибом существенно отличается от воздействия на них компактного металла и, вероятно, усиливает их бактерицидную или фунгицидную эффективность [9].

Установлено, что наночастицы серебра проявляют необычные физические, химические и биологические свойства [11]. Они используются в качестве фоточувствительных компонентов, катализаторов [12] и для физико-химических анализов [13].

Можно ожидать, что использование для лечения гнойных ран частиц серебра нанометрового диапазона, обладающих антимикробным действием и эффективностью которых интенсивно исследуется в последнее время [11], будет перспективным при модифицировании ими материалов, используемых в клинической практике – бинты, салфетки, тампоны и другие. Нане-

сение наночастиц металлов на перевязочные средства или другие носители препятствует их агрегации и позволяет получить однородный материал с комплексом заданных свойств.

Одним из экологичных и эффективных методов получения моно- и биметаллических наночастиц и материалов на их основе является метод металло-парового синтеза (МПС) [14]. Ранее было показано, что методом МПС могут быть получены серебро-содержащие композиционные материалы медицинского назначения [15]. Предполагалось, что МПС будет также эффективен для приготовления раневых покрытий природного или синтетического происхождения, модифицированных наночастицами серебра.

В связи с этим широкое внедрение перевязочных материалов, содержащих наночастицы серебра, может играть существенную роль в улучшении результатов лечения гнойных ран в эпоху увеличивающейся антибиотикорезистентности микроорганизмов.

Целью настоящего исследования явилось изучение антибактериального и противогрибкового эффекта нового перевязочного материала на основе бинта марлевого медицинского, содержащего наночастицы серебра, полученные методом МПС.

Материал и методы

В работе использовался бинт медицинский марлевый (ГОСТ 1172-93) производства ООО «Фарма-маркет», г. Минск, как в качестве контроля, так и для получения бинтов медицинских марлевых, содержащих наночастицы серебра.

Наночастицы серебра получали методом МПС на установке, детально описанной в работе [15] из кусочков серебра (99,99%).

При получении органозоля серебра в

качестве органической дисперсионной среды использовали изопропанол, который перед синтезом дегазировали в вакууме путём чередования циклов замораживание-размораживание. Изопропанол (Fluka, 99,8%) перед синтезом сушили над цеолитами 4А, перегоняли в атмосфере аргона. Серебро испаряли резистивным нагревом из танталовой лодочки.

В процессе синтеза в установке с реактором из кварцевого стекла объёмом 5 л поддерживали вакуум не выше 10^{-4} мм рт. ст. при использовании высоковакуумного поста.

В типичном эксперименте в синтезе использовали 120-150 мл органического реагента и испаряли 0,1–0,12 граммов металла.

Подачу органического реагента регулировали краном тонкой регулировки.

Перед началом синтеза стеклянную колбу реактора вакуумировали, погружали в сосуд с жидким азотом, после чего подавали органический реагент - изопропанол, который конденсировался на охлаждаемых стенках реактора совместно с парами металла примерно 1,5 часа.

После окончания синтеза охлаждение убирали, реактор с помощью шибера отсекали от вакуумного поста. В реактор подавали аргон; соконденсат металла и органики разогревали до температуры плавления. Полученным коллоидным раствором серебра в изопропанолу пропитывали бинт, который находился до модифицирования в вакуумированной колбе.

Избыток органозоля удаляли сушкой в вакууме 10^{-1} мм рт.ст. при температуре 80°C .

Нанокompозитный материал на основе бинта марлевого медицинского и наночастиц серебра был исследован методами рентгеновской диагностики – рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS) и рентгено-абсорбционной спектроскопии (EXAFS/XANES) с использовани-

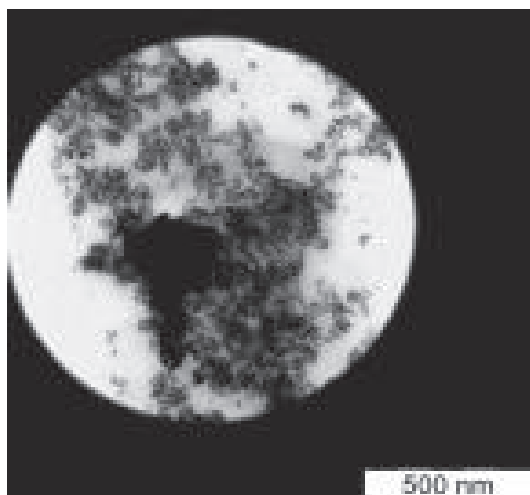


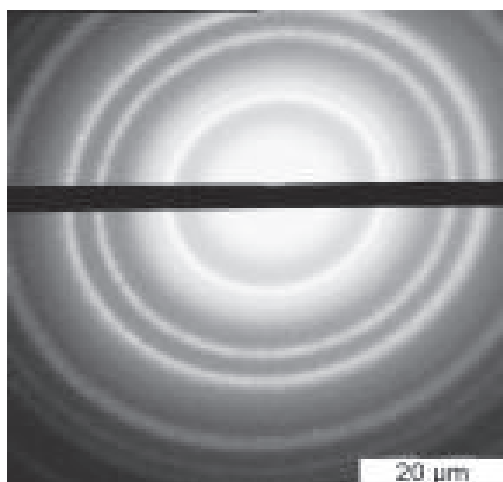
Рис. 1. ПЭМ микрофотография органозоля серебра в изопропаноле

ем синхротронного излучения.

Результаты EXAFS/XANES на К-крае серебра показали, что в образце серебро/бинт присутствуют наночастицы металла, в которых зарядовое состояние и межатомные расстояния металл-металл существенно отличаются от массивного серебра. Анализ поверхности методом РФЭС показал, что энергия связи пика $\text{Ag } 3d_{5/2}$ равна 368,8 эВ, что на 0,5 эВ больше, чем у массивного серебра. Это обусловлено размерным эффектом и наличием в материале наночастиц металла.

Оценка размеров и распределения размеров наночастиц в образцах была выпол-

Рис. 2. Дифрактограмма наночастиц серебра в изопропаноле



нена на основании данных SAXS. Для образца 0,24% (вес.) Ag/бинт получено асимметричное распределение с максимумом в 3,5 нм (радиус частиц) и широким хвостом в сторону больших размеров – до 40 нм. Этот максимум указывает на существование расстояния между металлическими частицами, которое составляет 7,6 нм, что близко к рассчитанному удвоенному радиусу частиц. Это свидетельствует о том, что серебряные наночастицы, по-видимому, образуют пары или даже небольшие фрагменты плотно упакованных ансамблей.

Микрофотография органозоля серебра в изопропаноле, выполненная с помощью метода просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), представлена на рисунке 1. Рисунок 2 отражает его дифрактограмму.

Анализ органозоля серебра в изопропаноле, использованного при модифицировании бинта, выполненный методом ПЭМ показал, что наночастицы металла после удаления органического реагента представляют собой агрегаты в виде «виноградной грозди», состоящей из отдельных элементов со средним размером 8-12 нм.

Фотоэлектронные спектры снимали на спектрометре XSAM-800 фирмы «Kratos» (Великобритания). В качестве источника возбуждения применяли магниевый анод с энергией характеристического излучения 1253,6 эВ.

Спектры рентгеновского поглощения были измерены с использованием рентгеновского синхротронного излучения на исследовательской установке «Структурное материаловедение» (СТМ), установленной в Курчатовском центре синхротронного излучения и нанотехнологий (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва).

Микроскопические исследования были выполнены на просвечивающем микроскопе LEO 912AB OMEGA, Zeiss (Германия)

В работе использовались штаммы грамотрицательных микробов (*Salmonella*

enteritidis, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii*, *Moraxella spp.*), грамположительных микробов (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus haemoliticus*) и грибы рода *Candida* (*Candida spp.*). Все они были получены из гнойных ран у пациентов хирургических отделений г. Гродно.

Забор отделяемого для микробиологического исследования производился у пациентов с гнойными ранами с использованием стандартных одноразовых стерильных тампонов фирмы Heinz Herenz, в течение часа материал доставлялся в микробиологическую лабораторию, где осуществлялось выделение чистой культуры микроба, идентификация её с помощью прибора BioMerieux Vitek, производилось определение антибиотикочувствительности каждого микроорганизма, для гриба *Candida spp.* определяли чувствительность к противогрибковым препаратам.

Чувствительность бактерий к шести, наиболее часто применяемым в хирургических стационарах Беларуси антибиотикам (амоксциллин (АКЦ), цефалексин (ЦФЛ), гентамицин (ГЕН), цiproфлоксацин (ЦИП), цефазолин (ЦЗ), эритромицин (ЭРИ)) представлена в таблице 1. Определение антибактериальной и противогрибковой чувствительности осуществляли методом диффузии в агар с использованием дисков.

Гриб *Candida spp.*, используемый в исследовании, был чувствителен к амфотерицину В и флуконазолу, устойчив к итраконазолу, нистатину и кетоконазолу.

Затем выделенная культура микроба заседалась на скошенный мясopептонный агар, после суточного культивирования осуществлялся смыв стерильным 0,85% раствором NaCl (5 мл) и разведение до нужной концентрации этим же раствором путём последовательного засева на чашки

Таблица 1

Антибактериальная чувствительность использованных в исследовании штаммов микробов

Штамм микроба	Антибиотик					
	АКЦ	ЦЗ	ЦФЛ	ЦИП	ГЕН	ЭРИ
<i>S. aureus</i>	S	S	S	S	S	R
<i>S. haemoliticus</i>	R	S	R	S	S	S
<i>S. enteritidis</i>	R	R	R	S	I	R
<i>P. mirabilis</i>	R	R	I	S	S	R
<i>P. aeruginosa</i>	R	R	R	R	R	R
<i>K. pneumonia</i>	R	R	R	R	R	R
<i>E. coli</i>	R	S	S	S	S	R
<i>A. baumannii</i>	R	R	I	S	S	S
<i>Moraxella spp.</i>	R	R	R	R	R	I

Примечание. S – микроорганизм чувствителен к данному антибиотику, I – наблюдается умеренная устойчивость микроорганизма к представленному антибиотику, R – микроорганизм устойчив к данному антибиотику.

Петри с агаром разных концентраций микроорганизма. Нужная концентрация соответствовала формированию после засева мерной пипеткой 0,1 мл суспензии микроба и помещения чашки Петри в термостат на 24 часа порядка 100 колониобразующих единиц (КОЕ). В исследовании использовались следующие концентрации: $0,5 \times 10^{-5}$ для *S. haemoliticus* и *A. baumannii*, 1×10^{-5} для *Candida spp.*, $0,5 \times 10^{-6}$ для *S. aureus*, *S. enteritidis*, *P. mirabilis*, *K. pneumonia* и *E. coli*, для *Moraxella spp.* 1×10^{-6} и для *P. aeruginosa* 1×10^{-7} .

Производили засев 0,1 мл полученной взвеси микроорганизмов на чашку Петри с мясopептонным агаром. Затем на каждую чашку помещали по 2 полоски бинта марлевого медицинского, размерами 1,5×4 см. В качестве контроля использовали стандартный бинт медицинский марлевый, в опытных группах использовали бинт медицинский марлевый, содержащий наночастицы серебра. После этого все чашки Петри помещали в термостат при температуре 37,0°C на сутки для культивирования. Через 24 часа

осуществлялся подсчёт колониобразующих единиц в обе стороны от края бинта на расстоянии от края равном диаметру одной колонии ad oculum и с использованием бинокулярной лупы [16].

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы Statistica 6.0. Различия между группами оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни при заданном пятипроцентном уровне значимости.

Кроме того, вычисляли процентное уменьшение количества колониобразующих единиц по формуле: процентное уменьшение КОЕ (%) = $100 \times (A - B) / A$,

где А – среднее значение количества колониобразующих единиц по краю бинта в группах контроля, В – среднее значение количества колониобразующих единиц в группах с бинтом марлевым медицинским, содержащим наночастицы серебра.

Микробные штаммы культивировали на мясопептонном агаре «Pronadisa» производства Laboratorios Conda, S.A., который готовили и стерилизовали согласно инструкции фирмы-производителя. Для культивирования гриба *Candida spp.* к этой среде добавляли глюкозу из расчёта 10 граммов на 1 литр среды.

Результаты и обсуждение

Количество колониобразующих единиц изучаемых микробов по периметру бинта на расстоянии, равном диаметру одной колонии, в обе стороны от края в виде $Me(V_{0,25}; V_{0,75})$ вместе с уровнем статистической значимости представлено в таблице 2, где Me – медиана, $V_{0,25}$ – нижний квартиль, $V_{0,75}$ – верхний квартиль.

В связи с тем, что данные контрольных групп различных штаммов различаются, для сравнения антибактериального эффекта бинта, содержащего наночастицы серебра по отношению к различным микроорганизмам, мы вычисляли показатель процентного уменьшения. Для выявления возможной связи между антибиотикоустойчивостью и устойчивостью к действию наночастиц серебра на рисунке 3 мы также отображали количество антибиотиков (из шести), к которым устойчив каждый штамм и вычисляли коэффициент корреляции между данными значениями и значениями процентного уменьшения. Графическое отображение результатов процентного уменьшения количества колониобразующих единиц по отношению к контролю и количества антибиотиков, к которым устойчив штамм, пред-

Таблица 2

Количество колониобразующих единиц изучаемых микроорганизмов по краю бинта на расстоянии в обе стороны от края, равном диаметру одной колонии ($Me(V_{0,25}; V_{0,75})$), и уровень статистической значимости (p) между группами контроля и марлей с наночастицами серебра

Штамм микроорганизма	Контроль (обычный бинт)	Бинт, содержащий наночастицы серебра	p
<i>S. aureus</i>	7,0 (6,0; 8,0)	0,0 (0,0; 1,0)	<0,001
<i>S. haemoliticus</i>	11,0 (7,5; 14,5)	7,5 (6,0; 8,0)	0,049
<i>S. enteritidis</i>	16,0 (16,0; 18,0)	1,0 (0,0; 1,0)	<0,001
<i>P. mirabilis</i>	5,0 (5,0; 6,0)	1,0 (1,0; 1,0)	<0,001
<i>P. aeruginosa</i>	5,0 (5,0; 6,0)	2,0 (1,0; 3,0)	<0,001
<i>K. pneumonia</i>	6,5 (6,0; 7,0)	2,0 (1,0; 3,0)	<0,001
<i>E. coli</i>	16,0 (13,5; 17,5)	6,0 (4,0; 7,0)	<0,001
<i>A. baumannii</i>	10,0 (7,0; 11,0)	5,0 (4,0; 6,5)	0,005
<i>Moraxella spp.</i>	8,0 (5,0; 8,5)	3,0 (2,5; 4,0)	0,002
<i>Candida spp.</i>	16,5 (13,5; 19,0)	2,5 (1,5; 3,0)	0,004

ставлены на рисунке 3.

Рисунок 3 демонстрирует, что максимальное значение процентного уменьшения, а следовательно, и максимальное противобактериальное действие наблюдалось в отношении к штаммам *S. enteritidis*, *S. aureus* и *P. mirabilis* (>81%), наиболее слабое действие – в отношении к *A. baumannii* и *S. haemolyticus*. Проведенный корреляционный анализ кривых процентного уменьшения количества колониобразующих единиц и количества антибиотиков, к которым устойчив вид, показал, что статистически достоверной корреляции между ними нет (коэффициент корреляции равен -0,031), следовательно, связи между резистентностью к антибиотикам и резистентностью к наночастицам серебра нет и наночастицы серебра представляют собой достойную альтернативу современным антибактериальным препаратам.

Необходимо подчеркнуть, что у семи из девяти бактериальных штаммов показатель процентного уменьшения КОЕ был более 50 %, у оставшихся двух – более 33 %, для *Candida spp.* показатель процентного уменьшения был 86 %, при этом все показатели были статистически достоверными. Это свидетельствует о выраженном противобактериальном (противогрибковом) эффекте бинта медицинского марлевого, содержащего наночастицы серебра.

Механизм антибактериального действия наночастиц серебра окончательно не установлен.

Исследованные штаммы бактерий можно разделить на две большие группы: грамположительные и грамотрицательные. Разница между ними заключается в строении клеточной стенки. Если предположить, что наночастицы серебра влияют только на клеточную стенку, то исследуемый перевязочный материал должен был проявлять более выраженный противобактериальный эффект по отношению к какой-либо одной

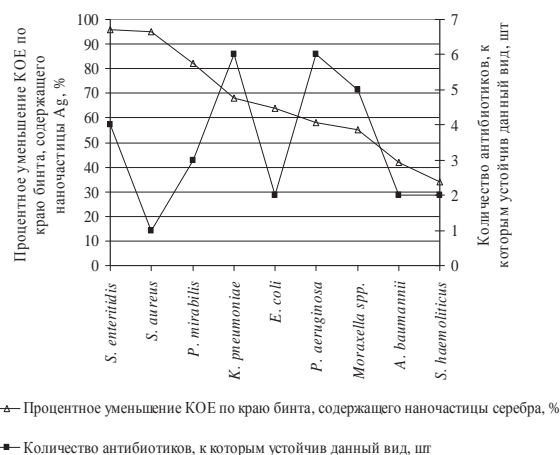


Рис. 3. Процентное уменьшение количества КОЕ по отношению к контролю и количество антибиотиков, к которым устойчив данный вид

группе, что не наблюдается. Так представители рода *Staphylococcus* на рисунке 3 (процентного уменьшения количества КОЕ) заняли одно из первых (*S. aureus* - 95%) и последнее место (*S. haemolyticus* - 34%). Следовательно, объяснять влияние наночастиц серебра только воздействием на клеточную стенку нельзя.

Бинт медицинский марлевый, содержащий наночастицы серебра, подавлял не только рост бактериальных колоний, но и грибковых, что было продемонстрировано на примере *Candida spp.* Это показывает значительные преимущества использования наночастиц серебра по сравнению с традиционным сочетанным использованием антибактериальных и противогрибковых препаратов.

Полагают, что антибактериальный эффект ионов серебра обусловлен, прежде всего, высокой афинностью последнего к сере или фосфору [17]. А именно, зависит от серебряных катионов (Ag^+), которые крепко связываются с группами доноров электронов в биологических молекулах, содержащих серебро, кислород или азот. Вследствие большого количества серосодержащих белков на поверхности бактериальной клетки, серебряные наночастицы могут взаимодействовать с серосодержащи-

ми белками внутри или вне клеточной мембраны, которые влияют на жизнеспособность бактериальной клетки [17]. Серебряные ионы действуют, замещая другие необходимые металлические ионы, такие, как Ca^{2+} или Zn^{+} [18].

Одновременно высказано мнение, что ионы серебра (особенно Ag^{+}), высвобождаемые из серебряных наночастиц, могут взаимодействовать с фосфорными частями в ДНК, приводя к инактивации репликации ДНК [17], или вступают в реакцию с сульфгидрильными группами метаболитических ферментов цепи бактериального транспорта электронов, вызывая их инактивацию [19].

В то же время объяснять механизм действия наночастиц серебра только высвобождением серебряных ионов из них нельзя, вследствие того, что сами наночастицы серебра имеют отличные физические, химические и другие свойства, чем цельное серебро, из которого они получены.

Ряд авторов предполагают, что антибактериальный эффект наноразмерных частиц серебра обусловлен электростатическим взаимодействием между отрицательно заряженными бактериальными клетками и положительно заряженными наночастицами [20].

Авторы благодарят А.В. Наумкина, Я.В. Зубавичуса и С.С. Абрамчука за помощь в физических исследованиях нанокompозитов.

Выводы

1. Нанокompозитный материал серебро/бинт обладает выраженной антимикробной активностью в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий и кандид.

2. Резистентность микроорганизмов к серебросодержащему перевязочному материалу не коррелирует со спектром и уров-

нем их чувствительности к антибиотикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schofield, W. C. A substrate-independent approach for bactericidal surfaces / W. C. Schofield, J. P. Badyal // *ACS applied material & interfaces*. – 2009. – Vol. 1, N 12. – P. 2763-2767.
2. Абаев, Ю. К. Хирургическая повязка / Ю. К. Абаев. – Минск: Беларусь, 2005. – 150 с.
3. Silver, S. Bacterial heavy metal resistance: new surprises / S. Silver, L. T. Phung // *Annual review of microbiology*. – 1996. – Vol. 50. – P. 753-789.
4. Fox, C. L. Silver sulphadiazine – a new topical therapy for pseudomonas in burns. Therapy of pseudomonas infection in burns / C. L. Fox // *Archives of surgery*. – 1968. – Vol. 96, N 2. – P. 184-188.
5. Lansdown, A. B. Silver 2. Toxicity in mammals and how its products aid wound repair / A. B. Lansdown // *Journal of wound care*. – 2002. – Vol. 11, N 5. – P. 173-177.
6. Park, S. J. Preparation and characterization of activated carbon fibers supported with silver metal for antibacterial behavior / S. J. Park, Y. S. Jang // *Journal of colloid and interface science*. – 2003. – Vol. 261, N 2. – P. 238-243.
7. Designing surfaces that kill bacteria on contact / J. C. Tiller [et al.] // *Proceedings of the national academy of science*. – 2001. – Vol. 98, N 11. – P. 5981-5985.
8. Goldstein, A. N. Handbook of nanophase materials / A. N. Goldstein. – New York: Marcel dekker inc., 1997. – 370 p.
9. A versatile strategy to fabricate hydrogel-silver nanocomposites and investigation of their antimicrobial activity / V. Thomas [et al.] // *Journal of colloid and interface science*. – 2007. – Vol. 315, N 1. – P. 389-395.
10. Merisko-Liversidge, E. M. Drug nanoparticles: formulating poorly water-soluble compounds / E. M. Merisko-Liversidge, G. G. Liversidge // *Toxicologic pathology*. – 2008. – Vol. 36. – P. 43-48.
11. Chen, X. Nanosilver: a nanoparticle in medical application / X. Chen, H. J. Schluesener // *Toxicology letters*. – 2008. – Vol. 176, N 1. – P. 1-12.
12. Sun, T. Silver clusters and chemistry in zeolites / T. Sun, K. Seff // *Chemical reviews*. – 1994. – Vol. 94, N 4. – P. 857-864.
13. A silver colloid produced by reduction with hydrazine as support for highly sensitive surface-enhanced Raman spectroscopy / U. Nickel [et al.] // *Langmuir*. – 2000. – Vol. 16, N 23. – P. 9087-9094.
14. Электронные и магнитные свойства кластерных нанокompозитов на основе Fe-Au, приготовленных бинарным металло-паровым синтезом / И. П. Суздалев [и др.] // *Рос. нанотехнологии*. – 2008. – Т. 3, № 1-2. – С. 76-81.
15. Ultrahigh molecular weight polyethylene modified

with silver nanoparticles prepared by metal-vapour synthesis / A. Vasil'kov [et al.] // AIP Conference Proceeding. – 2008. – Vol. 1042. – P. 255-257.

16. Антибактериальный эффект наночастиц золота и серебра / С. М. Смотрин [и др.] // Современные технологии в лечении ран и раневой инфекции: сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф. ГГМУ, Гомель, 19–20 марта 2010 г. – Гомель, 2010. – С. 59-60.

17. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus / Q. L. Feng [et al.] // Journal of biomedical materials research. – 2000. – Vol. 52, N 4. – P. 662-668.

18. The influence of platinum on the performance of silver-platinum antibacterial coatings / A. J. Betts [et al.] // Materials & Design. – 2005. – Vol. 26, N 3. – P. 217-222.

19. Effects of halides on plasmid-mediated silver resistance in Escherichia coli / A. Gupta [et al.] // Applied and environmental microbiology. – 1998. – Vol. 64, N 12. – P. 5042-5045.

20. Metal oxide nanoparticles as bactericidal agents / P. K. Stoimenov [et al.] // Langmuir. – 2002. – Vol. 18, N 17. – P. 6679-6686.

Адрес для корреспонденции

230020, Республика Беларусь,
г. Гродно, пр. Клецкова, д. 29, кв. 201,
тел. моб.: +375 29 786-86-43,
e-mail: dr_ruslan@mail.ru,
Довнар Р.И.

Поступила 2.09.2010 г.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

**Всероссийское научно-медицинское общество хирургов
25-27 мая 2011 г. в г. Волгограде проводит
XI-й съезд хирургов Российской Федерации**

Темы съезда:

- Новые идеи и технологии в хирургии
- Абдоминальный хирургический сепсис
- Желудочно-кишечные кровотечения
- Травмы груди и живота
- Экстренная хирургия сосудов

Место проведения г. Волгоград, ул. Мира, 5. Новый экспериментальный театр (НЭТ)

Контакты оргкомитета: e-mail: phlebo-union@mtu-net.ru, e-mail: agbeburishvili@gmail.com

Дополнительная информация на сайте: <http://www.phlebo-union.ru>