

УДК 677.022.3/5

**ПРИДАНИЕ ПЕРЕВЯЗОЧНОМУ МАТЕРИАЛУ
АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ**

DOWRY DRESSINGS ANTIMICROBIAL PROPERTIES

*Р.С. ТАШМЕНОВ, В.А. ЛИНИК, Ж.У. МЫРХАЛЫКОВ, В.М. ДЖАНПАИЗОВА,
А.Г. ПАШЕНКО, Р.Р. ТАШМЕНОВ*
*R.S. TASHMENOV, V.A. LINIK, ZH.U. MYRKHALYKOV, V.M. JANPAIZOVA,
A.G. PASHENKO, R.R. TASHMENOV*

**(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,
Украинский научно-исследовательский институт нанобиотехнологий и ресурсохранения, Украина)
(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
Ukrainian Scientific Research Institute of Nanobiotechnology and Resursohraneniya, Ukrain)**
E-mail: rahim_4115@mail.ru

*В настоящей статье изучена возможность придания материалам ан-
тимикробных свойств с целью использования их по медицинскому*

назначению. Анализ свойств биоцидов позволил установить, что наиболее широким спектром действия при одновременной индифферентности к резидентной микрофлоре человека обладают препараты на основе нанокарбоксилатов серебра и биогенных микроэлементов. Установлено, что отделка нанокарбоксилатами серебра обеспечивает защитные свойства, а биогенные микроэлементы способствуют процессам грануляции ран и быстрому ранозаживлению.

This article studied the possibility of giving medical supplies antimicrobial properties. Analysis of the properties of biocides revealed that the most broad spectrum of activity with simultaneous indifference to the resident microflora of the human possess drugs based nano-carboxylate silver and trace nutrients. It was found that the silver finish nano-carboxylate provides protective properties, and biogenic trace elements contribute to the processes of granulation and rapid wound healing of wounds.

Ключевые слова: перевязочный материал, антимикробные свойства, серебро, биоциды, микроэлементы, нанокарбоксилаты.

Keywords: dressings, antimicrobial properties, silver, biocides, trace elements, nano-carboxylate.

Широкое применение антибиотиков и снижение иммунитета организма человека привело к тому, что основную роль в течение воспалительных процессов стали играть антибиотико-устойчивые формы патогенных микроорганизмов. Явление антибиотико-резистентности стало одной из важнейших проблем в медицине. В связи с этим возникла необходимость создания и внедрения в медицинскую практику перевязочных материалов, содержащих высокоактивные антимикробные компоненты. Основная задача, которая ставится перед такими компонентами, – не вызывать резистентности у микроорганизмов. Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является применение препаратов серебра.

Антибактериальные свойства серебра в виде солей, комплексов, кластеров (наночастиц) и коллоидных растворов известны давно [1]. Многие исследователи отмечают, что в наноразмерном состоянии серебро приобретает новые свойства и становится очень активным в отношении патогенной микрофлоры. Антимикробный эффект зависит от размеров частиц серебра и химической природы его соединений.

Применение активного серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию серебра с сохранением всех бактерицидных свойств. Использование нанокompозитов серебра для пропитки перевязочного текстильного материала обусловлено их значительными и неоспоримыми преимуществами перед всеми существующими антимикробными средствами: широкий спектр антимикробной активности и отсутствие резистентности к ним патогенных микроорганизмов.

На основе наноматериалов могут создаваться универсальные перевязочные материалы широкого спектра антимикробного действия. Серебро обладает выраженными антисептическими свойствами и проявляет активность по отношению к грамположительным и грамотрицательным, аэробным и анаэробным, спорообразующим бактериям в виде монокультур и микробных ассоциаций, включая антибиотико-устойчивые формы [2].

Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является использование не просто наноматериалов, а функциональных нанобиоматериалов в виде наноаквахелатов биогенных металлов. Установлено, что биоцидные свойства

наноаквахелатов в отношении патогенной микрофлоры выражены более ярко, но в отличие от ионов неорганических солей этих же металлов не проявляют токсичности [3].

Наибольший интерес представляет наноаквахелат серебра. Серебро в форме наноаквахелата проявляет высокие антимикробные свойства и претендует на роль высокоактивного специфического наноантисептика. Антимикробная активность наноаквахелата серебра отличается стабильным бактерицидным и бактериостатическим действием, что особенно важно при мутациях патогенной микрофлоры [4], [5].

Новизна разработки заключается в применении наноаквахелата серебра в форме карбоксилата для придания текстильному перевязочному материалу антимикробных свойств.

Для исследования использовалось серебро в форме соли лимонной кислоты, полученное методами нанотехнологий.

За последнее десятилетие в научно-технических кругах практически всех развитых стран мира получили понимание значимости и места наноматериалов и нанотехнологий в дальнейшем развитии науки и техники. В то же время широко-масштабному внедрению наноматериалов и связанных с ними нанотехнологий препятствует прежде всего отсутствие эффективных технологий получения наноматериалов именно в промышленных объемах и по ценам, доступным для широко-масштабного использования.

Критический анализ существующих способов получения металлических наноматериалов показывает их ограниченность с точки зрения получения относительно недорогих наноматериалов в достаточных для промышленности объемах. Кроме того, получение металлических наноматериалов с помощью существующих химических способов очень сложная и дорогостоящая задача в связи с получением частиц металлов не в ионном, а именно в атомарном (молекулярном) состоянии, поскольку с помощью применения последних может быть решена задача токсичности и биологической совместимости биогенных ме-

таллов (Cu, Co, Mn, Mg, Zn, Mo, Fe, Ag). Так, в исследованиях российских ученых [1] показано, что токсичность наночастиц металлов во много раз меньше токсичности ионов металлов, полученных с применением солей. Медь менее токсична в 7 раз, цинк – 30 раз, а железо – в 40 раз. С другой стороны, биоцидные свойства у наночастиц металлов, в том числе и у серебра, ярко выражены по отношению к болезнетворным микроорганизмам, и в отличие от ионов этих же металлов, не проявляются по отношению к млекопитающим.

По мнению авторов технологического метода Каплуненко - Косинова, наиболее перспективной альтернативой существующим химическим способам получения металлических наноматериалов являются способы, основанные на использовании физических явлений [4], [6]. Однако при этом необходимо решить следующие две основные задачи:

первая – разработать неэнергоемкую, высокопроизводительную, экологически безопасную технологию производства наночастиц;

вторая – получать не только электрически нейтральные, но и электрически заряженные наночастицы металлов.

Решение последней задачи особенно важно при использовании наночастиц металлов в биосистемах, где основными, наиболее приемлемыми формами восприятия биогенных металлов живой клеткой являются хелатные комплексы.

Специализируясь в области разработки нанотехнологий и наноматериалов, авторы Каплуненко В.Г. и Косинов Н.В. установили и теоретически обосновали новое физическое явление самоконцентрации энергии в локальных микрообъемах проводника, находящегося в электрической цепи с разрядным промежутком. Это физическое явление возникает при воздействии на проводник, находящийся в диэлектрической среде, мощными импульсами электрического тока.

На основе нового физического явления самоконцентрации энергии основано и развивается новое направление в области нанотехнологий, а именно: эрозионно-

взрывные нанотехнологии, которые можно условно разбить на шесть основных групп: эрозионно-взрывные нанотехнологии получения новых наноматериалов; эрозионно-взрывные нанотехнологии аккумулярования энергии; эрозионно-взрывные нанотехнологии получения новых видов топлива; эрозионно-взрывные нанотехнологии рафинирования металлов; эрозионно-взрывные нанотехнологии очистки загрязненных стоков, эрозионно-взрывные нанотехнологии диспергирования органических веществ.

Наибольший интерес представляют нанотехнологии первой группы, с помощью которых были синтезированы новые наноматериалы: неионные коллоидные растворы наночастиц металлов; электрически нейтральные и электрически заряженные коллоидные наночастицы металлов как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии; структурированные агломераты наночастиц металлов; наногальванические элементы, а также новый класс комплексных соединений – высококоординационные анионоподобные аквахелаты нанометаллов с координационным числом больше 12, которые могут быть представлены следующей общей формулой: $[Me_n 2n- (H_2O)_n]$, где Me_n обозначает хелатообразующий металл в виде наночастицы; H_2O является лигандом; n – количество молекул воды (целое число), соответствующее координационному числу хелатообразующей электрически заряженной наночастицы металла $Me_n 2n-$ с величиной поверхностного заряда $2n-$.

По нашему мнению, наиболее перспективными для применения в биосистемах являются анионоподобные высококоординационные аквахелаты нанометаллов в силу своей нетоксичности и хорошей биосовместимости с живой клеткой. Это комплексные соединения, состоящие из комплексообразователя, которым являются одна или несколько наночастиц, имеющих поверхностный электрический заряд, и лигандов, в качестве которых используются молекулы воды. Поверхностный электрический заряд у наночастиц создают посредством взрывной электронной эмиссии

с поверхности проводника при эрозионно-взрывном диспергировании металла. Явление взрывной электронной эмиссии возникает при взрывах локальных участков проводника. При этом образуются мощные потоки электронов. Наночастицы, находясь в потоке электронов, приобретают на своей поверхности электрический заряд со знаком "минус". Это делает хелатный комплекс наночастиц в структурном построении подобным анионному хелатному комплексу.

В аквахелатах в роли лигандов выступают молекулы воды. При этом количество лиганд-молекул воды есть координационное число, которое определяется количеством пар электронов, находящихся на поверхности наночастицы. В известных хелатных комплексах значения координационных чисел не превышают 12, что является основным ограничением для получения устойчивых, с управляемой структурой, хелатных комплексов металлов. Это достигается электризацией наночастиц, а именно: поверхностный заряд наиболее мелких наночастиц должен быть не меньше $4 \cdot 10^{-18}$ Кл. При этом сферическая форма наночастиц позволяет получить равномерный электрический заряд на ее поверхности, что создает условия для плотного окружения наночастицы молекулами воды, представляющими собой диполи с зарядами со знаком "плюс", расположенными на ядрах водорода. Устойчивость такого хелатного комплекса обеспечивается вне зависимости от размеров наночастицы, поскольку поверхностный электрический заряд, а соответственно и координационное число наночастицы-комплексообразователя пропорциональны ее размеру вследствие того, что разные по размеру наночастицы приобретают заряд в потоках электронов примерно одной плотности.

Хелатирование наночастицы молекулами воды позволяет аквахелату легко проникать через мембраны клеток, а наночастице легко "раскрываться", что создает условие для его высокой активности.

Отличительной особенностью синтезированных новых наноматериалов является возможность придания координационному

числу больших значений, недостижимых в известных комплексообразователях. При этом хелатирование наночастиц молекулами воды за счет водородных связей молекул воды с электрически заряженной поверхностью наночастиц приводит к образованию устойчивых хелатных комплексов без добавления других лигандов.

Некоторые из полученных наноматериалов могут быть использованы в качестве экологически безопасных, дезинфицирующих средств. К таким наноматериалам, в первую очередь, относятся: наносеребраквехелат $[Ag_n 2n-(H_2O)_m n 2n-(H_2O)_n]$, а также аквананоцинк и аквананомагний. При этом наиболее эффективным является использование наночастиц указанных металлов в виде структурированных агломератов наночастиц, представлявших собой совокупность короткозамкнутых гальванических пар из наночастиц двух металлов. Совместное использование двух металлов, в частности, Ag и Cu, для получения бактерицидных растворов известно с древних времен.

Управляемое структурирование нанометаллов осуществляется в эрозионно-взрывной нанотехнологии диспергирования металлов, когда образующиеся наночастицы, находясь в потоках электронов, приобретают поверхностный электрический заряд. При этом электрическое поле у частиц меньшего размера имеет больший градиент потенциала, чем у частиц большего размера. При близком расположении мелких и больших частиц за счет электростатической индукции на локальных участках поверхности большой частицы образуются индуцированные заряды противоположного знака (по отношению к знаку заряда малой частицы). При этом на поверхности большой частицы "налипают" малые частицы, образуя агломераты из наночастиц. Агломераты наночастиц представляют собой совокупность короткозамкнутых гальванических пар из наночастиц двух металлов – серебра и меди. Гальванические пары образуют наночастицы Cu и Ag за счет различных электрохимических потенциалов серебра и меди. Функционально наногальванические эле-

менты, образованные наночастицами Cu и Ag, находятся в составе агломератов во включенном состоянии в виде короткозамкнутых гальванических пар. Использование в структурированных агломератах наночастиц биоцидных металлов с разной направленностью биоцидного действия позволяет расширить общий спектр биоцидного действия препарата – антибактериального, противовирусного и антигрибкового [7], [8].

Заживление повреждений мягких тканей, вызванных различными механическими, термическими и другими факторами (гнойно-воспалительными процессами, дистрофическими и др.), остается актуальной научно-практической задачей. Для оптимизации лечения создаются модели экспериментальных ран у животных. Существуют различные варианты моделирования раны у лабораторных животных, отличающиеся друг от друга локализацией раны, размерами раневого дефекта, инфицированностью раны.

Исследование свойств наночастиц металлов показало их ранозаживляющую активность, регенерирующие и бактерицидные свойства, что делает перспективным их исследование в плане оптимизации регенерации повреждений мягких тканей. Немногочисленные работы свидетельствуют о значении физико-химических характеристик наночастиц в проявлении антибактериальных свойств и ранозаживляющей активности. Доказана возможность создания мягких лекарственных форм с наночастицами металлов на примере меди, с сохранением их высокорекреационной активности в составе мази. Проведенные модельные эксперименты показали, что разработанные мази с наночастицами меди, различающимися по дисперсности и фазовому составу, обладают ранозаживляющим и антибактериальным действием, проявляя разную активность. Учитывая исключительную роль меди и цинка в жизнедеятельности организмов и катализирующее их влияние на процессы полноценной регенерации тканей, можно предположить, что эти элементы могут обла-

дать ранозаживляющими свойствами, ускоряя репаративную регенерацию.

ВЫВОДЫ

1. Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является использование не просто наноматериалов, а функциональных нанобиоматериалов в виде наноаквахелатов биогенных металлов. Установлено, что биоцидные свойства наноаквахелатов в отношении патогенной микрофлоры выражены более ярко, но, в отличие от ионов неорганических солей этих же металлов, не проявляют токсичности.

2. Установлено, что микроэлементы в форме нанокарбоксилатов на различных стадиях раневого процесса способствуют усилению макрофагальной реакции, активизации фагоцитоза, пролиферации фибробластов и росту сосудов грануляционной ткани.

3. Проведенные исследования подтвердили, что все составляющие рецептуры для импрегнации (пропитки) тканевых материалов относятся к 4 классу малоопасных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентьева И.П., Глуценко Н.Н., Павлов Г.В., Фолманис Г.Э. Использование биологических активных препаратов на основе наночастиц металлов в медицине и сельском хозяйстве // В кн.: Индустрия наносистем и материалы: оценка нынешнего состояния и перспективы развития. – М.: Центр "Открытая экономика", 2006. С. 26...33.

2. Киселева А.Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра // Тез. докл. семинара "Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы". – С.-П.: С.-Петербургский университет технологии и дизайна, 2011.

3. Крутяков Ю.А., Кудринский А.А., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. – 2008, №77 (3).

4. Каплуненко В.Г., Косинов Н.В., Поляков Д.В. Получение новых биогенных и биоцидных наноматериалов с помощью эрозивно-взрывного диспергирования металлов // Докл. Национальной академии наук Украины. – 2009, №7.

5. Калдыбаев Р.Т., Айменов Ж.Т., Набиев Д.С., Бегалиева А.К., Калдыбаев Г.Ю. Исследование разработки биоразлагаемых полимерных

материалов на основе микрокристаллической целлюлозы в целях увеличения вегетационного периода хлопчатника // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 28.

6. Potapov V., Mayak O. The new structural design of scraper mixer for viscous medium mixing // Journal of Industrial Technology and Engineering. – Shymkent, 2013. №4 (09)P. 16...21.

7. Ташменов Р.С., Мырхалыков Ж.У., Джанпаизова В.М. Эффективная технология использования хлопчатобумажных отходов для производства медицинской марли // Наука и Мир. – 2015. Vol. II. № 3 (19). P. 89...93.

8. Пащенко А., Яковчук Ю. Антимикробные свойства перевязочного текстильного материала, импрегнированного серебром в форме карбоксилата / Труды МНПК: "Ауэзовские чтения -13: "Нурлы жол"-стратегический шаг на пути индустриально – инновационного и социально-экономического развития страны". – Шымкент: ЮКГУ им. М.Ауэзова, 2015. С. 290...293.

REFERENCES

1. Arsent'eva I.P., Glushhenko N.N., Pavlov G.V., Folmanis G.Je. Ispol'zovanie biologicheskikh aktivnykh preparatov na osnove nanochastic metallov v medicine i sel'skom hoz'jajstve // V kn.: Industrija nanosistem i materialy: ocenka nyneshnego sostojanija i perspektivy razvitija. – M.: Centr "Otkrytaja jekonomika", 2006. S.26...33.

2. Kiseleva A.Ju. Baktericidnye tekstil'nye materialy na osnove biologicheski aktivnykh preparatov i nanoserebra // Tez. dokl. seminar "Nanostrukturnye, voloknistye i kompozicionnye materialy". – S.-P.: S.-Peterburgskij universitet tehnologii i dizajna, 2011.

3. Krut'jakov Ju.A., Kudrinskij A.A., Olenin A.Ju., Lisichkin G.V. Sintez i svojstva nanochastic serebra: dostizhenija i perspektivy // Uspehi himii. – 2008, №77(3).

4. Kaplunenko V.G., Kosinov N.V., Poljakov D.V. Poluchenie novyh biogennyh i biocidnyh nanomaterialov s pomoshh'ju jerozionno-vzryvnogo dispergirovanija metallov // Dokl. Nacional'noj akademii nauk Ukrainy. – 2009, №7.

5. Kaldybaev R.T., Ajmenov Zh.T., Nabiev D.S., Begaliev A.K., Kaldybaev G.Ju. Issledovanie razrabotki biorazlagaemyh polimernyh materialov na osnove mikrokrystallicheskoj celljulozy v celjah uvelichenija vegetacionnogo perioda hlochatnika // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №1. S. 28.

6. Potapov V., Mayak O. The new structural design of scraper mixer for viscous medium mixing // Journal of Industrial Technology and Engineering. – Shymkent, 2013. №4 (09)P. 16...21.

7. Tashmenov R.S., Myrhal'kov Zh.U., Džhanpaizova V.M. Jeffektivnaja tehnologija ispol'zovanija hlochatobumazhnyh othodov dlja proizvodstva medicinskoj marli // Nauka i Mir. – 2015. Vol. II. № 3 (19). R. 89...93.

8. Pashhenko A., Jakovchuk Ju. Antimikrobnye svojstva perevjazochного tekstil'nogo materiala, impregnirovannogo serebrom v forme karboksilata / Trudy MNPК: "Aujezovskie chtenija -13: "Nurly zhol"-strategicheskij shag na puti industrial'no-innovacionnogo i social'no-jekonomicheskogo razvitija

strany". – Shymkent: JuKGU im. M.Aujezova, 2015. S. 290...293.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов. Поступила 08.04.16.
