

ISSN 2225-6016

# ВЕСТНИК

*Смоленской государственной  
медицинской академии*

*Том 14, №1*

2015



УДК 615.28:582.682:616.9-089

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ КОРОТКОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**

© Фролова А.В., Смыслов Г.И., Морыганов А.П., Дубина И.Н.

<sup>1</sup>Витебский государственный медицинский университет, Беларусь, 210023, Витебск, ул. Фрунзе, 27<sup>2</sup>Льноперерабатывающий холдинг «ЛенОм», Россия, 646905, г. Калачинск, ул. Черепова, 79А<sup>3</sup>ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 153045, г. Иваново, ул. Академическая, д.1<sup>4</sup>НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии, Беларусь, 210026, Витебск, ул. 1-я Доватора, 7

**Резюме:** В данной работе приведены результаты доклинического изучения биологической активности изготовленных из белорусского короткого льноволокна ваты медицинской и антимикробных льно-вискозных нетканых материалов с поверхностной плотностью 60 г/м<sup>2</sup> и 217 г/м<sup>2</sup>. Для придания антимикробного эффекта льносодержащие сорбенты обрабатывали наночастицами серебра, формирование которых проводили экономически выгодными методами с использованием экологически безопасных природных соединений, в том числе растительного настоя «ФитоМП». В качестве атравматичного слоя в перевязочном средстве использовано полиэфирное гардинное полотно с напыленными микрочастицами меди. Биологическая активность полученных материалов оценена в отношении основных возбудителей раневой инфекции *in vitro* и *in vivo*, при этом прослежена зависимость силы эффекта от поверхностной плотности носителя и вида пропитки.

Лабораторным и экспериментальным путем доказана перспективность короткого низкосортного льняного волокна в качестве сырья для получения инновационных перевязочных средств. Установлено, что использование природных соединений для формирования наночастиц серебра обеспечивает высокую биологическую активность получаемым нетканым материалам. Антимикробный эффект зависит от поверхностной плотности материала и более выражен при 217 г/м<sup>2</sup> и 70% содержании льна. Использование растительного настоя «ФитоМП» в качестве стабилизирующей матрицы для нульвалентного серебра позволяет вдвое снизить количество вводимого в льняной нетканый сорбент металла, достичь выраженного антимикробного эффекта в отношении *S. aureus* и *E. coli*, и очистить раневую поверхность от патогена на 3,21±0,41 сут. в отличие от контроля (на 7,90±0,57 сут.).

**Ключевые слова:** антибиотикорезистентность, льняное волокно, вата, перевязочное средство, наночастицы, «ФитоМП»

**PROMISING SHORT FLAX FIBER AT THE DEVELOPMENT OF MODERN BIOLOGICALLY ACTIVE DRESSINGS**

Frolova A.V., Smyslov G.I., Moryganov A.P., Dubina I.N.

<sup>1</sup>Vitebsk State Medical University, Belarus, 210023, Vitebsk, Frunze St., 27<sup>2</sup>“LenOm” LTD, (Kalatchinsk, Omsk region), Russian, 646905, Kalachinsk, Cherepova Str., 79A<sup>3</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, 153045, Ivanovo, Academic Sr., 1<sup>4</sup>Institute of Applied Veterinary Medicine and Biotechnology, Belarus, 210026, Vitebsk, 1st Dovatora Sr., 7

**Summary:** This paper presents the results of pre-clinical study of the biological activity of the Belarusian made short flax fiber wool medical and flax-viscose antimicrobial linen non-woven fabrics with a basis weight of 60 g/m<sup>2</sup> and 217 g/m<sup>2</sup>. To make the antimicrobial effect of flax-containing sorbents treated with silver nanoparticles, the formation of which was carried out cost-effective methods of using environmentally friendly natural compounds, including herbal infusion "PhytoMP". A polyester curtain cloth with sputtered copper microparticles has used as a nonadhesive layer of bandages. The biological activity of the developed materials measured on major wound infection pathogens *in vitro* and *in vivo*, with the dependence of the effect is traced on the surface density of the carrier and impregnation type.

Laboratory and experimentally proved promising of low-grade short flax fiber as raw material to produce innovative dressings. Found that the use of natural compounds for the formation of silver nanoparticles provides high bioactivity of non-woven fabrics. Antimicrobial effect depends on the surface density of the material and a more pronounced at 217 g/m<sup>2</sup> with 70% content of flax. Using herbal infusion "PhytoMP" as a matrix for stabilizing silver zerovalent allows to halve the amount of the metal in linen non-woven

sorbent, to achieve strong antimicrobial effect against *S. aureus* and *E. coli*, and purified from the wound surface to the pathogen  $3.21 \pm 0.41$  days, unlike control (on day  $7.90 \pm 0.57$  days).

**Key words:** antibiotic resistance, flax, cotton, bandage, nanoparticles, "PhytoMP"

## Введение

Интенсивное нарастание уровней антибиотикорезистентности у основных возбудителей хирургической инфекции, значительные финансовые затраты на антибактериальную терапию обуславливают поиск новых эффективных средств для местного лечения гнойных ран [1, 3]. Принципиально новым решением проблемы, не требующим применения антибиотиков и антисептиков, выступает создание перевязочных средств на основе нанотехнологий [2, 10, 11, 13]. Независимо от выпускной формы и дизайна, разработки должны обеспечивать комплексное воздействие на динамику течения процесса заживления ран различной этиологии и локализации.

Белорусский рынок перевязочных средств, к сожалению, представлен в основном зарубежными изделиями. При этом короткое льняное волокно, невостребованное в текстильной промышленности, составляет  $\frac{3}{4}$  от общего объема сырья, производимого белорусскими льнозаводами. Стойкая мировая тенденция к увеличению спроса на гигроскопичные целлюлозные материалы и изделия на их основе, резкое колебание цен на импортируемый хлопок обуславливают возрастание стратегического значения льняной сырьевой базы.

Придавая особое значение перспективам создания современного производства по выпуску импортозамещающих инновационных медицинских изделий из белорусского льносырья, Россия и Беларусь подписали «Меморандум о намерениях по сотрудничеству в области разработки и внедрения передовых техники и технологий в льняных отраслях Республики Беларусь и Сибирских регионов Российской Федерации». Согласно подписанному Меморандуму на предприятии «ЛенОм» (г. Калачинск, Омская область) из белорусского сырья получено отбеленное медицинское льноволокно по экологически безопасной технологии без использования хлорсодержащих реагентов.

Цель исследования – изучить перспективность использования невостребованного в текстильной промышленности короткого льноволокна, оценив биологическую активность и безопасность произведенных из него ваты и нетканых перевязочных материалов.

## Методика

На опытно-производственном оборудовании ОАО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов» (г. Серпухов, Московская область) на основе отбеленного медицинского льноволокна, полученного по экологически безопасной технологии без использования хлорсодержащих реагентов, произведены нетканые льно-вискозные полотна в двух оптимальных вариантах – 1) с поверхностной плотностью  $217 \text{ г/м}^2$  и 70% содержанием льняного волокна в смеси и 2) с поверхностной плотностью  $60 \text{ г/м}^2$  и 50% содержанием льняного волокна в смеси. В Институте химии растворов РАН образцы прошли обработку наночастицами серебра, формирование которых осуществляли путем восстановления металла в растворах его солей в присутствии природных полимеров или растительных экстрактов. При монокомпонентной обработке в качестве положительного контроля использован раствор «Повиаргол» (образцы №№ 130, 131). В двух случаях с целью предполагаемого усиления антимикробного эффекта применены композиционные составы, содержащие помимо наночастиц серебра раствор «Санитайзед 89-39» (образцы №№ 140, 141) или полигексаметил-гуанидина гидрохлорид (образцы №№ 142, 143). Растительный настой «ФитoMP» был использован для формирования наночастиц серебра в образцах №№ 136-139. *In vitro* сравнительное изучение антимикробной активности нетканых льно-вискозных материалов проведено на типовых штаммах *S. aureus* ATCC 25923, *B. subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231 и их клинических изолятах, полученных из патологического материала пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями, находившихся на лечении в Республиканском научно-практическом центре «Инфекция в хирургии», УЗ «Витебский областной клинический специализированный центр», отделения оториноларингологии УЗ «Витебская областная клиническая больница». Микроорганизмы идентифицированы на автоматизированном биохимическом анализаторе АТВ Expression фирмы «bioMerieux» с использованием стрипов. Чувствительность микроорганизмов к металлизированным тканям определена методом диффузии в агар. Сверху на засеянный агар

накладывали диски (диаметром 6 мм) из фрагментов нетканых льно-вискозных материалов и после суточной инкубации в термостате при  $t=37^{\circ}\text{C}$  или через 48 ч. при  $t=28^{\circ}\text{C}$  (для *S. albicans*) измеряли диаметры зон ингибирования роста микроорганизмов, по которым судили о выраженности антимикробной активности. Диски образцов №№ 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144 с поверхностной плотностью  $60 \text{ г/м}^2$  и 50%-м содержанием льна в смеси имели массу 1,69 мг и содержали по 5.1, 2.4, 1.2, 2.4, 1.2, 1.2+25.2 (мг  $10^3$ ) антимикробного агента, соответственно. Диски образцов №№ 131, 133, 135, 137, 139, 141, 143, 145 с поверхностной плотностью  $217 \text{ г/м}^2$  и 70% содержанием льна в смеси имели массу 6,08 мг и содержали по 18.2, 8.5, 4.3, 8.5, 4.3, 4.3+91.2 (мг  $10^3$ ) антимикробного агента, соответственно. В контроле использовали диски из фрагментов нетканых льно-вискозных материалов без пропитки.

*In vivo* изучение биологической активности нетканых льносодержащих материалов проведено на модели гнойной раны у крыс. Каждому животному в рану вводили 2 мл суточной культуры штамма *S. aureus ATCC 25923*, содержащей 1 млрд. микробных тел в 1 мл. В опытной группе лечение ран проводили ежедневными перевязками с испытуемым образцом, комбинированным с полиэфирным гардинным полотном с напыленными микрочастицами меди размером 0,2 мкм (в качестве антимикробной атравматичной сетки). В позитивном контроле в качестве сорбента использовано серебросодержащее полиэфирное нетканое полотно, в отрицательном контроле применены стерильные марлевые хлопчатобумажные салфетки с антисептиком. Повязки фиксировались с помощью пластыря. Критериями заживления раны служили сроки ее очищения от гнойно-некротических масс, появления грануляций, эпителизации и полного заживления.

Санитарно-химическое исследование льняной ваты и необработанных антимикробным агентом нетканых материалов проводили в соответствии с Инструкцией 1.1.10-12-41-2006.

При первичной оценке раздражающего и цитотоксического действия льняной ваты и необработанных антимикробным агентом нетканых материалов яйца с развивающимися куриными эмбрионами в 10-дневном возрасте выдерживали в течение 24 ч. в стационарном положении в термостате при  $t=37,8^{\circ}\text{C}$  и влажности 62,5%. Затем 0,3 мл вытяжки из исследуемого образца (в опыте) и 0,3 мл изотонического раствора натрия хлорида (в контроле) дозатором наносили на хориоаллантоисную оболочку и наблюдали за ее состоянием под микроскопом в течение 100".

При изучении местно-раздражающего действия исследуемого образца у кролика его наносили на роговицу правого глаза животного, а в левый глаз – закапывали стерильный физиологический раствор (контроль). Действие оценивали на протяжении 48 ч. по состоянию конъюнктивы глаз.

Для изучения алергизирующего действия морским свинкам интраперитонеально однократно вводили вытяжку из исследуемого образца в дозе 0,5 мл/кг. Через 12 сут. этим животным наносили исследуемую вытяжку на наружную поверхность правого уха и выстриженный участок правого бока, дистиллированную воду (контроль) – на левое ухо и выстриженный участок левого бока. За состоянием кожи следили на протяжении суток и оценивали степень воспалительно-аллергической реакции, как легкую (1 балл), средне выраженную (2 балла) и резко выраженную (3 балла). Отсутствие реакции соответствовало 0 баллов.

Испытания гемолитической активности вытяжки из исследуемого образца проводили *in vitro* в соответствии с требованиями к доклиническому изучению лекарственных средств и биоматериалов [6]. При этом оценивали реакцию суспензии эритроцитов на добавление изотонического раствора, приготовленного из 1 мл исследуемой вытяжки и 9 мг натрия хлорида.

Эксперименты проведены с соблюдением правовых и этических норм использования лабораторных животных при исследовании наноматериалов, в соответствии с утвержденным протоколом этического комитета УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины», с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», «Правилами по обращению, содержанию, обезболиванию и умерщвлению экспериментальных животных», принципами Европейской конвенции (Страсбург, 1986) и Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными (1996).

Полученные данные обработаны с помощью прикладного пакета STATISTICA 7, MS Excel 2002 с использованием методов описательной статистики. Различия считались достоверными при значении  $p<0,05$ .

## Результаты исследования и их обсуждение

Выявленные ранее в эксперименте [7, 8] выраженная антимикробная, ранозаживляющая, сорбционная активность льняных тканых образцов, и в то же время, установленная сложность

напыления металлических наночастиц именно из-за высокой капиллярности материала, побудили на дальнейшее изучение отечественного растительного ресурсозобновляемого источника сырья и на поиск способов его обработки антимикробными агентами.

Бактериологические исследования продемонстрировали, что все типовые штаммы возбудителей хирургической инфекции (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*) и их клинические изоляты проявили чувствительность ко всем образцам нетканых льно-вискозных материалов с антимикробной пропиткой. Однако выраженность антимикробного эффекта у образцов оказалась различной и зависела от поверхностной плотности материала, а, следовательно, от вносимой дозы пропитки, и от ее вида. В частности, нетканые материалы с поверхностной плотностью 217 г/м<sup>2</sup> и 70% содержанием льна оказались более эффективными, чем образцы с поверхностной плотностью 60 г/м<sup>2</sup> и 50% содержанием льна (рис. 1).

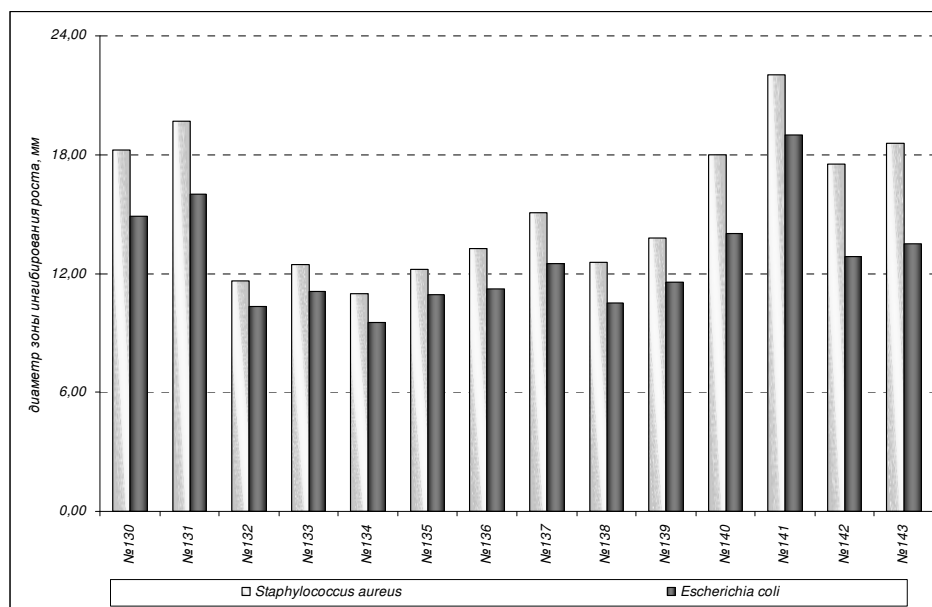


Рис. 1. Оценка выраженности антимикробного эффекта в отношении *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* образцами нетканых льносодержащих материалов

Из рис. 1 видно, что максимальный антимикробный эффект присущ образцу № 141, обработанному композиционным составом, содержащим наночастицы серебра и раствор «Санитайзед 89-39». Среди образцов с монокомпонентной пропиткой достоверно максимально выраженный антимикробный эффект ( $p < 0,05$ ) присущ образцам, обработанным раствором «Повиаргол» (№№ 130 и 131). Биологическую активность этого препарата связывают с высоким содержанием в его составе наночастиц серебра с диаметром 4 нм. Известно, что стабилизатором высокодисперсного нульвалентного серебра в нем, защищающим наночастицы от агрегации, выступает поливинилпирролидон – полимер, имеющий структуру поливинилового скелета с полярными группами [4].

Согласно научным литературным данным, в настоящее время интенсивно исследуются возможности иммобилизации наносеребра в различные носители для достижения более выраженного эффекта, чем у «Протаргола» и «Колларгола». Однако сложность создания эффективных средств обусловлена проблемой стабилизации полученных наноразмерных частиц металлов. Применение природных полимеров с этой целью является перспективным, но недостаточно развитым направлением. Встречаются данные о получении коллоидных растворов серебра с помощью растительных экстрактов [9, 12], которые полностью соответствуют предъявляемым к полимерам требованиям (транспорт субстанции без снижения ее активности, отсутствие токсического эффекта, поддержание основных технологических параметров при создании лекарственных форм, способность к биодеструкции).

Из рис. 1 видно, что нетканые материалы (образцы №№ 132-139), обработанные наночастицами серебра, синтезированными экономически выгодными методами при использовании экологически безопасных природных соединений, уступали по активности образцам, пропитанным

«Повиарголом». Вместе с тем, следует обратить внимание на достаточно высокий антимикробный эффект образцов №№ 134 и 138, для обработки которых использованы минимальные количества антимикробных пропиток (по 1,2 мг  $10^3$  на 1,69 мг материала). Также эксперимент продемонстрировал, что использование настоя «ФитоМП» [5], имеющего в своем составе маклейю мелкоплодную (*Macleaya microcarpa* (Maxim.) Fedde), сем. Маковых (*Papaveraceae*) и подорожник большой (*Plantago major* L.), сем. Подорожниковых (*Plantaginaceae*), в качестве стабилизирующей матрицы для нульвалентного серебра позволяет достичь высокой биологической активности материала.

Настой «ФитоМП» был использован для формирования наночастиц серебра в образцах №№ 136-139. Сущность создания наноконструкта заключалась в переводе серебра из окисленной ионизированной формы в нульвалентное состояние при взаимодействии его соли ( $\text{AgNO}_3$ ) с настоем, в котором полисахариды подорожника выступают в роли восстановителя, а алкалоиды маклейи мелкоплодной, обладающие основными свойствами, обуславливают защелачивание среды, что исключает добавление гидроксидов NaOH. Оптимальные условия синтеза наночастиц серебра выявлены при помощи визуального и инструментального (спектрофотометрический анализ) методов. Так, в ходе эксперимента визуально прослеживалось изменение окраски раствора от светло-коричневой до насыщенной коричневой с желтым оттенком. Проведенное исследование кинетики восстановления серебра ( $6 \cdot 10^{-3}$  М) при соотношении компонентов в настое «маклейя мелкоплодная : подорожник большой» 1:2 и при  $t=80-90^\circ\text{C}$  показало нарастание интенсивности полосы поглощения металла в зависимости от времени проведения процесса. Формирование четко выраженного максимума в коротковолновой области при  $\lambda=420$  нм свидетельствовало об образовании значительного количества наночастиц серебра. Полученные данные подтверждали спектры, снятые методом фотонной корреляционной спектроскопии, согласно которым в исследуемом растворе присутствовали наночастицы серебра (включая оболочку стабилизатора) с преимущественным диаметром 40 нм. Сохранявшиеся в закрытой колбе при  $t = 20^\circ\text{C}$  полученные наночастицы серебра ежемесячно исследовали спектрофотометрически на склонность к агрегации. Результаты измерений в течение 5 месяцев констатировали незначительное уширение полосы поглощения при неизменном максимуме поглощения, что подтверждало достаточную стабильность полученных частиц. В ходе эксперимента было отмечено, что для стабилизации более целесообразно использовать соотношение компонентов «маклейя : подорожник» 1:2, чем 1:1, чтобы предотвратить уменьшение вязкости системы, при котором происходит повышение диффузии как ионов, так и частиц серебра, обуславливающее увеличение их размера с последующим облегчением процесса агрегации.

Сравнительный микробиологический анализ показал, что использование настоя «ФитоМП» в качестве стабилизирующей матрицы для нульвалентного серебра позволяет снизить вдвое количество вводимого в льняной сорбент металла, достичь выраженного антимикробного эффекта в отношении *S. aureus* и *E. coli*. Например, при превосходстве в 1,98 раз в содержании антимикробного агента образец № 133 достоверно уступал по выраженности эффекта в отношении *S. aureus* образцу № 139: диаметры зон ингибирования роста возбудителя ими составили  $12,40 \pm 0,52$  мм и  $13,80 \pm 0,42$  мм, соответственно ( $p < 0,05$ ). В отношении *E. coli* статистически значимых различий не наблюдалось:  $11,10 \pm 0,32$  мм и  $11,5 \pm 0,53$  мм, соответственно ( $p > 0,05$ ).

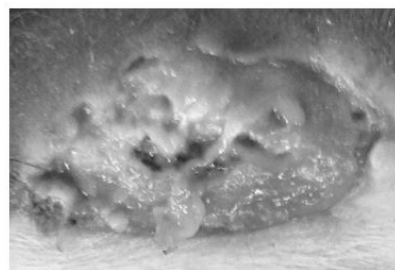
Положительная динамика в лечении экспериментальных гнойных ран при использовании льно-вискозного нетканого образца № 139 представлена в табл. 1 и на рис. 2. Для обеспечения атравматичности перевязочного средства его наружный слой выполнен в виде полиэфирного гардинного полотна с напылением частиц меди размером 0,2 мкм. В ходе эксперимента выявлено, что использование образца № 139 позволяет очистить раневую поверхность от патогена на  $3,21 \pm 0,41$  сутки в отличие от контроля (на  $7,90 \pm 0,57$  сутки).

Помимо современных перевязочных средств мировая потребность экономически развитых стран в гигроскопической вате составляет в настоящее время около 0,7-1,0 млн. тонн. Сдерживающим фактором ее применения является достаточно высокая стоимость. На предприятии ООО «ЛенОм» (г. Калачинск, Омская область, Россия) благодаря применению принципиально нового физико-механического способа обработки волокон удалось значительно снизить себестоимость конечного продукта при использовании в качестве исходного сырья короткого низкокачественного белорусского льноволокна. Результаты по созданию указанной технологии получения медицинской ваты из короткого льноволокна включены в перечень важнейших достижений Российской Академии наук.

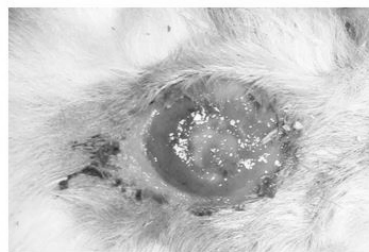
Таблица 1. Динамика течения раневого процесса у крыс при инфицировании *S. aureus*

Образец	Параметры					
	Очищение от микрофлоры	Появление грануляций	Начало эпителизации	50% эпителизация	Полная эпителизация	Полное заживление
	Сроки, сутки (M ± σ)					
Позитивный контроль	3,08±0,28	2,92±0,28	3,08±0,49	4,92±0,28	7,08±0,28	9,15±0,38
№ 134	3,21±0,41	2,54±0,52	2,77±0,44	4,85±0,38	6,77±0,44	8,92±0,28
№ 139	3,21±0,41	2,46±0,52	2,69±0,48	4,08±0,28	6,23±0,44	8,46±0,52
Отрицательный контроль	7,90±0,57	4,50±0,53	4,70±0,48	7,90±0,74	12,60±0,53	18,60±0,52

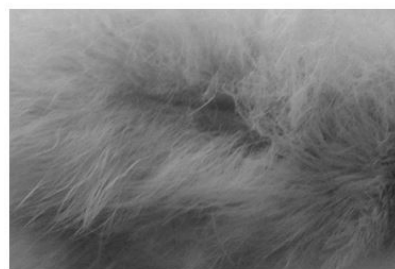
Примечание: различия по всем параметрам в опытных группах в сравнении с контрольной носили статистически значимый характер ( $p < 0,05$ )



до лечения



3-й день



6-й день



9-й день

Рис. 2. Динамика течения раневого процесса при использовании льно-вискозного нетканого материала №139

Санитарно-химические исследования льняной ваты, нетканых льно-вискозных образцов с поверхностной плотностью 60 г/м<sup>2</sup> и 217 г/м<sup>2</sup> без пропитки антимикробными составами (образцы №№144 и 145), проведенные в соответствии с Инструкцией 1.1.10-12-41-2006, продемонстрировали отсутствие запаха у изделий и прозрачность водных растворов. Результаты испытаний образцов по показателю «Микробиологическая чистота» приведены в табл. 2.

Перевязочные средства не должны обладать местно-раздражающим и аллергизирующим действием. Проведенный тест показал, что вытяжки из всех исследуемых образцов не оказывают раздражающего действия на хориоаллантоисную оболочку куриного эмбриона. При экспозиции каждой из вытяжек на оболочке отсутствовали сосудистые проявления и тканевая реакция. Под микроскопом выявлено: оболочка тонкая, не нарушена, прозрачная, с нормально функционирующей сетью кровеносных сосудов и капилляров. При изучении влияния вытяжек из исследуемых образцов на конъюнктиву глаз у кроликов установлено, что они не отличались от стерильного физиологического раствора и не проявляли местно-раздражающего эффекта. Это подтверждает, что все льно-вискозные образцы не содержат компонентов, обладающих

раздражающим действием на слизистые оболочки, не проявляют местных гистотоксических свойств и могут быть отнесены к I классу веществ по местно-раздражающим свойствам.

Таблица 2. Микробиологическая чистота образцов ваты льняной гигроскопической хирургической и льно-вискозных нетканых материалов

Образец	Общее число бактерий, КОЕ/г	Общее число дрожжеподобных и плесневых грибов, КОЕ/г	<i>Enterobacteriaceae</i> в 10 г.	<i>S. aureus</i> в 10 г	<i>P. aeruginosa</i> в 10 г
Норматив	$10^3$	$10^2$	не допускается		
Вата льняная гигроскопическая хирургическая	$< 1 \times 10^1$	$9,0 \times 10^1$	не обнаружено		
Материал нетканый льно-вискозный (№144)	$< 1 \times 10^1$	$9,0 \times 10^1$	не обнаружено		
Материал нетканый льно-вискозный (№145)	$< 1 \times 10^1$	$9,0 \times 10^1$	не обнаружено		

При наружном нанесении на ухо и выстриженный участок бока морским свинкам вытяжек из исследуемых образцов после их интраперитонеального введения ни у одного сенсibilизированного животного не отмечено гиперергической реакции кожи, что соответствует оценочным 0 баллам и подтверждает отсутствие аллергизирующих свойств льно-вискозных материалов.

Испытания *in vitro* гемолитической активности вытяжек из исследуемых образцов констатировали, что уровень гемолиза, индуцированный экспозицией вытяжек из исследуемых образцов, составляет 0,25% при допустимом не более 2%. Эти данные свидетельствуют об отсутствии цитотоксического действия всех исследуемых льно-вискозных образцов.

В полученных отзывах и отчетах по клиническим испытаниям «Ваты медицинской гигроскопической хирургической льняной стерильной и нестерильной» в лечебных учреждениях России и Беларуси констатируется, что изделие безопасно, обладает рядом преимуществ по сравнению с ватой из хлопка и может быть рекомендовано к широкому применению в различных областях медицины. При апробации в отделениях ОРВИ и нейроиинфекции, эндокринологии, неврологии, кардиоревматологии, реанимации выявлено, что льняная вата гипоаллергенна, хорошо формируется в шарик, обладает повышенной гигроскопичностью, не царапает кожу, хорошо прилежит при соприкосновении с тканями, не раздражает их, в том числе слизистую глаз, сохраняет свойства после высокотемпературной (в течение 20' при  $t=132^\circ\text{C}$ ,  $P=2,2$  атм.) и радиационной стерилизации.

## Заключение

Полученные результаты позволяют сделать выводы о перспективности и целесообразности использования невостробованного в текстильной промышленности льноволокна при разработке современных перевязочных средств для местного лечения раневой инфекции, что позволит снизить потребление импортного дорогостоящего хлопкового сырья.

Использование полиэфирного серебросодержащего сорбента в комбинации с атравматичной полиэфирной сеткой с напыленными микрочастицами меди позволяет очистить раневую поверхность от *S. aureus* вдвое быстрее по сравнению с контролем. Замена полиэфирного сорбента на льняное нетканое полотно позволяет вдвое сократить сроки заживления экспериментальной раны.

Льносодержащие изделия нетоксичны и безопасны; их высокая биологическая активность и биосовместимость указывают на необходимость дальнейшего изучения и внедрения в клиническую практику.

## Литература

1. Абаев Ю.К. Лекарственные средства в лечении ран // Мед. знания. – 2010. – №6. – С. 2-5.
2. Адамян А.А. Лечение гнойных ран «Гелевином» и биологически активными дренирующими сорбентами // Хирургия. – 1998. – №3. – С. 28-30.



3. Власова Н.В. К вопросу о политике применения антибиотиков в хирургии // Клин. микробиол. антимикроб. химиотерапия. – 2003. – Т.5, №4. – С. 389-390.
4. Копейкин В.В., Панарин Е.Ф. Водорастворимые наноконпозиты нуль-валентного металлического серебра с повышенной антимикробной активностью // ДАН. – 2001. – Т.38, №4. – С. 497-500.
5. Косинец А.Н., Фролова А.В., Булавкин В.П. «ФитоМП». Целесообразно ли применение фитосредств при хирургической инфекции? // Новости хирургии. – 2006. – №1. – С. 20-29.
6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. Р.Х. Хабриева. 2-е изд. – М., 2005. – 399 с.
7. Фролова А.В., Генералов И.И. Сравнительный анализ антимикробной активности наночастиц металлов // Вестник ВГМУ. – 2012. – Т.11, №4. – С. 53-58.
8. Фролова А.В., Дубина И.Н. Лабораторно-экспериментальное обоснование перспективности разработки перевязочных средств с нанопокрытием // Учен. записки УО ВГАВМ. – 2012. – Т.48, Вып.2. – С. 189-193.
9. Begum N.A. Biogenic synthesis of Au and Ag nanoparticles using aqueous solutions of Black Tea leaf extracts // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2009. – V.71. – P. 113-118.
10. Cavanagh M.H. Evaluating antimicrobial efficacy of new commercially available silver dressings // Int. Wound J. – 2010. – V.7, N5. – P. 394-405.
11. Cencetti C. Preparation and characterization of antimicrobial wound dressings based on silver, gellan, PVA and borax // Carbohydr. Polymers. – 2012. – V.90, N3. – P. 1362-1370.
12. Nadagouda M.N. Green synthesis of silver and palladium nanoparticles at room temperature using coffee and tea extract // Green Chem. – 2008. – V.10. – P. 859-862.
13. Percival S.L., Slone W., Linton S. The antimicrobial efficacy of a silver alginate dressing against a broad spectrum of clinically relevant wound isolates // Int. Wound J. – 2011. – V.8, N3. – P. 237-243.

#### **Информация об авторах**

*Фролова Аэлита Валерьевна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры клинической микробиологии УО «Витебский государственный медицинский университет». Респ. Беларусь. E-mail: aelita\_frolova@tut.by

*Смыслов Геннадий Иванович* – президент льноперерабатывающего холдинга «ЛенОм». E-mail: gis@oz.ru

*Морыганов Андрей Павлович* – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией химии ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН. E-mail: vnq@iscras.ru

*Дубина Иван Николаевич* – кандидат ветеринарных наук, доцент, директор НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии. Респ. Беларусь. E-mail: dubinain@mail.ru