

## МЕДИЦИНА

УДК 615.28:582.682:616.9-089

А. В. ФРОЛОВА<sup>1</sup>, А. Н. КОСИНЕЦ<sup>1</sup>, И. Н. ДУБИНА<sup>2</sup>, А. Г. ДЕНИЖЕНКО<sup>3</sup>, А. П. МОРЫГАНОВ<sup>4</sup>**ПЕРЕВЯЗОЧНЫЕ СРЕДСТВА, ОБРАБОТАННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ  
НАНОКОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

(Представлено академиком И. Д. Волотовским)

<sup>1</sup>Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет<sup>2</sup>НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии, Витебск<sup>3</sup>НИЦ «Плазмотег», Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск<sup>4</sup>Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН, Иваново

Поступило 11.03.2015

**Введение.** Хирургическая инфекция в современных условиях остается одной из наиболее сложных и актуальных, государственно важных проблем практической медицины и биологии [1–8]. Социально-экономическую значимость представляет ежегодно отмечаемое увеличение числа гнойно-воспалительных заболеваний и послеоперационных осложнений, в большинстве случаев тяжело протекающих и не поддающихся традиционному лечению. Микробиологические исследования демонстрируют высокий, постоянно прогрессирующий уровень антибиотикорезистентности у вегетирующих в хирургических стационарах возбудителей [9–13]. Зачастую это обусловлено микробными биопленками, с формированием которых они приобретают качественно новые свойства по сравнению с планктонной формой [14–18]. Поэтому на сегодняшний день особую актуальность представляет поиск новых антимикробных агентов, к которым еще не адаптированы микроорганизмы.

Поскольку лечение ран под повязкой остается наиболее доступным и экономически выгодным методом, в последние десятилетия наблюдается повышенный интерес к разработке и внедрению современных перевязочных средств с антимикробным эффектом. При этом принципиально новым направлением выступает использование наночастиц металлов для придания специфических свойств модифицированным ими материалам [19–24]. Белорусский рынок перевязочных средств, к сожалению, представлен в основном зарубежными изделиями. Для решения данной проблемы требуется создание таких средств из тканых и нетканых натуральных и синтетических текстильных материалов, трикотажных полотен отечественных производителей. 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.

Цель работы – обоснование перспективности использования отечественного сырья для производства импортозамещающих перевязочных средств с антимикробным эффектом, обусловленным биологически активными нанокomпозитными материалами.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования явились 157 образцов основного ассортимента натуральных и синтетических текстильных материалов, трикотажных и нетканых полотен, представленных ведущими производителями концерна «Беллепром» (ОАО «Моготекс», ОАО «Лента», ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей», РУПТП «Оршанский льнокомбинат», РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно»). Материалы имели в составе 100 % вискозу, 100 % лен, 100 % полиамид, 100 % полиэфир, 100 % хлопок, трикотаж, а также смеси – льносодержащие, хлопкосодержащие, полиамид-полиэфирные. Сотрудниками НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси (г. Минск) и ООО «Элком» (г. Витебск) ме-

тодами вакуумно-дугового и вакуумного ионно-плазменного магнетронного напыления на ткани были нанесены наночастицы размером 5–100 нм и микрочастицы размером 0,125–0,500 мкм алюминия, меди, никеля, серебра, титана, цинка. При этом напыление частицами меди прошли 52 образца, серебра – 14, титана – 13, алюминия, никеля, цинка – по 1. В качестве углеродного сорбента использован нетканый материал «Карбопон». Раствором серебросодержащей дисперсии «iSys AG» в различной концентрации были пропитаны 56 образцов материалов в условиях ОАО «Лента» и РУПТП «Оршанский льнокомбинат»; обработку наночастицами серебра прошли 14 образцов нетканых льносодержащих материалов в условиях Института химии растворов им. Г. А. Крестова РАН (ИХР РАН).

*In vitro* сравнительное изучение антимикробной активности материалов проведено на типовых штаммах *S. aureus* ATCC 25923, *B. subtilis* ATCC 6633, *E. coli* 026, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *P. vulgaris* ATCC 4636, *P. mirabilis* ATCC 25933, *K. pneumoniae* ATCC 13883, *A. baumannii* ATCC 17978, *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», отделении 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 [25].

*In vivo* изучение биологической активности разработанных перевязочных средств и их составляющих компонентов 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 разработанным образцом, в контрольной группе использовали стерильные марлевые хлопчатобумажные салфетки без пропитки. Повязки фиксировались с помощью пластыря. Критериями заживления раны служили сроки ее очищения от гнойно-некротических масс, появления грануляций, эпителизации и полного заживления.

Мономикробные биопленки *S. aureus* ATCC 6538 получены на нитроцеллюлозной мембране. Способность антимикробного агента разрушать экзополимерный матрикс биопленки выявлена с помощью световой микроскопии. Для визуализации матрикса использован водный раствор Конго красного с добавлением 10 % раствора Твин 80 и 10 % карболового фуксина.

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 и их обсуждение.** Впервые проведенные *in vitro* бактериологические исследования отечественных металлизированных текстильных образцов позволили установить, что их антимикробная активность находится в прямой зависимости от использованного металла для обработки материала, размера его частиц и способа нанесения, а также от химического состава и структуры материала-носителя. Так, антимикробный эффект отсутствовал у углеродного сорбента, у всех образцов тканей с напылением частиц титана (от 50 нм до 0,2 мкм) и его диоксида, у 23 образцов, обработанных частицами меди с размером от 5 нм до 0,2 мкм. По одному возбудителю проявили чувствительность к наночастицам алюминия и цинка, размер которых составил 100 нм. В то же время образец № 36 из полиамидной ткани с напылением наночастиц никеля с размером 50 нм проявил антимикробный эффект в отношении всей исследованной как грамположительной (*S. aureus*, *B. subtilis*) и грамотрицательной (*A. baumannii*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*) микрофлоры, так и дрожжеподобного гриба *C. albicans*.

Необходимо отметить, что наиболее чувствительными к образцам материалов, обработанных наночастицами Ag, оказались штаммы *B. subtilis*, *S. aureus* и *E. coli*, причем в отношении последнего возбудителя антимикробный эффект был более выражен. Полученные с помощью световой и инвертированной микроскопии данные показали высокую эффективность образцов тканей с нанесением микроразмерных покрытий меди в отношении как типового штамма *S. aureus* ATCC 25923, так и клинических изолятов стафилококков. При этом установлено, что увеличе-

ние размера частиц серебра приводит к снижению антимикробной активности материала, в то время как для текстиля, металлизированного частицами меди, прослеживается обратная зависимость. Например, образцы № 1 и 13 из вискозной ткани с напылением наночастиц серебра размером 5 и 15 нм соответственно, проявив антимикробную активность в отношении 7 возбудителей раневой инфекции (*S. aureus*, *B. subtilis*, *A. baumannii*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *C. albicans*), оказались достоверно ( $p < 0,001$ ) более эффективными, чем образец № 16 из той же вискозы, но с двусторонним напылением наночастиц серебра размером 50 нм. Он ингибировал рост только четырех микроорганизмов (*S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *C. albicans*). Вероятно, это можно объяснить сложностью десорбции серебра из прочного металлизированного слоя. В то же время при напылении на льняную ткань наночастиц меди размером 100 нм (образец № 87) антимикробный эффект отсутствовал, при увеличении размера напыляемых частиц до 0,2 мкм (образец № 27) и до 0,3 мкм (образец № 28) эффективность отмечена в отношении трех (*S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*) и пяти (*S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *P. mirabilis*, *C. albicans*) возбудителей раневой инфекции соответственно.

В ходе эксперимента установлено, что на степень выраженности антимикробной активности образцов влияет качество нанесения металлического слоя, которое, в свою очередь, связано со структурой текстиля. Из-за высокоразвитой поверхности текстильные материалы содержат в своей структуре большое количество адсорбированных газов, воды, прочно связанных и трудно удаляемых. От поверхностной плотности текстиля зависит скорость процесса обезгаживания. В ходе эксперимента выявлено, что вакуумно-дуговой метод напыления оптимально подходит для полиэфирного гардинного полотна, поскольку в отличие от остальных материалов у него самая высокая скорость процесса обезгаживания. И, наоборот, самая низкая скорость протекания процесса у льняной ткани нацелила на поиски иного пути иммобилизации металла в материал.

Лабораторные исследования антимикробной активности текстильных материалов позволили отобрать наиболее перспективные из них для комбинирования в составы, соответствующие требованиям, предъявляемым к перевязочным средствам (сорбция раневого отделяемого, атравматичность, защита раневой поверхности от внешнего и вторичного инфицирования, надежная фиксация на ране, обеспечение достаточного пареообмена тканей). С этой целью в I серии экспериментов в сформированных 15 опытных группах животных были использованы полиэфирное гардинное полотно (ОАО «Моготекс») с напыленными микрочастицами Cu размером 0,2 мкм (образец № 30) и с наночастицами Al 100 нм (№ 12); ткань льняная с напыленными микрочастицами Cu 0,3 мкм (№ 46); пропитанные раствором серебросодержащей дисперсии «iSys AG» (Германия) в концентрации 3 г/л тесьма прикладная из комплексных полиэфирных нитей (ОАО «Лента») (№ 70), полотно полиэфирное нетканое «Акваспан» (РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно») (№ 71), полотно льняное нетканое (№ 77) и ткань льняная мерсеризованная (№ 78) (РУПТП «Оршанский льнокомбинат»); материал нетканый углеродный «Карбопон» (РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно») (№ 73), а также ткань льняная мерсеризованная (№ 79) и полотно полиэфирное нетканое «Акваспан» (№ 72) без пропитки. В 16-й контрольной группе использовалась стерильная марлевая хлопчатобумажная салфетка без пропитки.

Эксперименты продемонстрировали эффективность комбинированных составов, использованных в 1-й (образцы № 30, 71), 6-й (№ 30, 73), 7-й (№ 46), 8-й (№ 12, 71), 12-й (№ 70, 71), 13-й (№ 30, 78), 14-й (№ 70, 79) и 15-й (№ 30, 77) опытных группах. Полное очищение ран от микрофлоры и стихание местно-воспалительных явлений в них происходило к  $3,96 \pm 0,96$  сут. от начала лечения, в это же время в контрольной группе уровень микробной обсемененности раневой поверхности оставался высоким ( $\lg_{10} = 7,4 \pm 0,52$ ), а от гнойно-некротических участков они полностью очищались лишь на  $7,90 \pm 0,57$  сут. Полное заживление раневого дефекта в перечисленных опытных группах животных наступало на  $9,93 \pm 1,61$  сут., в контрольной группе – на  $18,6 \pm 0,52$  сут.

При сравнительном межгрупповом анализе динамики раневого процесса (таблица) очевидно, что достоверно наилучшие результаты лечения достигнуты в 7-й, 13-й, 15-й группах при наличии в комбинированных составах льняной ткани и полиэфирного гардинного полотна с напылением микрочастиц меди размером 0,3 и 0,2 мкм соответственно; льняного нетканого полотна и льняной мерсеризованной ткани, пропитанных раствором серебросодержащей дисперсии

«iSys AG» в концентрации 3 г/л. Ускорению процесса заживления также способствовало использование полиэфирного нетканого полотна в качестве сорбента (1-я и 12-я группы). Необходимо отметить, что помимо выраженного антимикробного и ранозаживляющего эффектов, комбинированные составы отличались атравматичностью, обусловленной наружным слоем, выполненным в виде металлизированного полиэфирного гардинного полотна.

**Динамика раневого процесса в исследуемых группах животных**

№ группы	Параметр					
	Очищение от микрофлоры	Появление грануляций	Начало эпителизации	50 %-ная эпителизация	Полная эпителизация	Полное заживление
	Сроки, сутки ( $M \pm \sigma$ )					
1	3,08 ± 0,28	2,92 ± 0,28	3,08 ± 0,49	4,92 ± 0,28	7,08 ± 0,28	9,15 ± 0,38
6	5,38 ± 0,51	3,77 ± 0,44	3,92 ± 0,49	5,23 ± 0,44	8,46 ± 0,52	12,23 ± 0,44
7	3,31 ± 0,48	2,92 ± 0,28	3,00 ± 0,00	4,23 ± 0,44	6,38 ± 0,77	8,62 ± 0,51
8	5,69 ± 0,48	3,85 ± 0,38	4,54 ± 0,52	6,08 ± 0,76	8,23 ± 0,73	11,92 ± 0,95
12	3,23 ± 0,44	2,85 ± 0,38	2,92 ± 0,28	4,69 ± 0,48	6,54 ± 0,52	8,85 ± 0,55
13	2,92 ± 0,28	2,69 ± 0,48	2,85 ± 0,38	4,54 ± 0,52	6,46 ± 0,52	8,54 ± 0,52
14	4,54 ± 0,52	3,31 ± 0,48	3,38 ± 0,51	5,15 ± 0,38	7,31 ± 0,48	11,38 ± 0,51
15	3,15 ± 0,38	2,92 ± 0,28	3,08 ± 0,49	4,54 ± 0,52	6,38 ± 0,51	8,77 ± 0,60
16	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 ( $p < 0,05$ ).

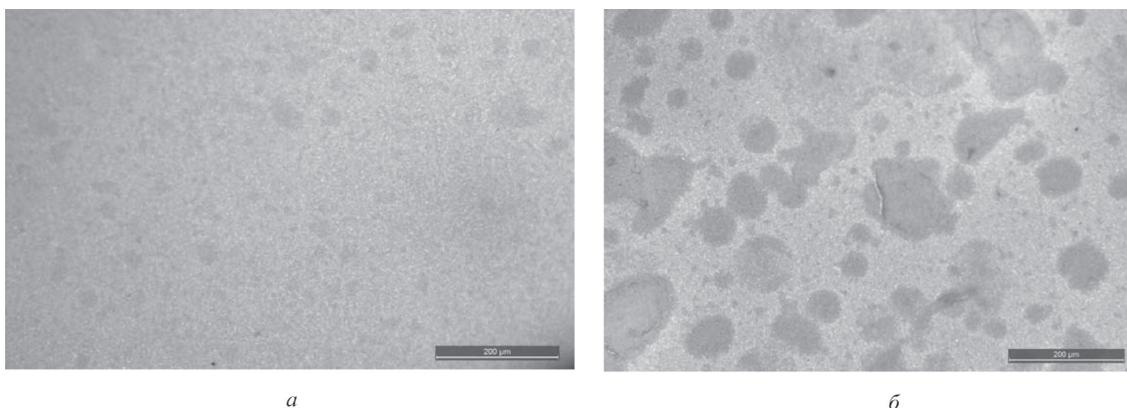
Несмотря на то что развитие льняного подкомплекса в нашей стране рассматривается в качестве приоритетного направления [26], одной из существующих его острых проблем выступает невостребованное в текстильной промышленности короткое волокно, которое составляет 3/4 от общего объема производимого в Беларуси льноволокна. Поэтому с учетом результатов, полученных в I серии экспериментов, актуальной представилась разработка из этого вида сырья конкурентоспособных биологически активных нетканых перевязочных материалов. Произведенные с этой целью на ОАО НИИНМ (г. Серпухов) из белорусского короткого льноволокна опытные образцы нетканых материалов с поверхностной плотностью 217 и 60 г/м<sup>2</sup> для придания им антимикробной активности в условиях лаборатории ИХР РАН были обработаны синтезированными серебросодержащими препаратами серии «Бионанотекс» и «Эконанотекс» [27]. Согласно 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 [28; 29], 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).

В условиях лаборатории ИХР РАН для формирования наночастиц серебра в образцах «Бионанотекс» использовано ранее разработанное растительное лекарственное средство «ФитоМП» [30], имеющее в своем составе маклейю мелкоплодную (*Macleaya microcarpa* (Maxim.) Fedde), сем. Маковых (*Papaveraceae*), и подорожник большой (*Plantago major* L.), сем. Подорожниковых (*Plantaginaceae*). Сущность создания нанокompозита заключалась в переводе серебра из окисленной ионизированной формы в нульвалентное состояние при взаимодействии его соли (AgNO<sub>3</sub>) с настоем «ФитоМП», 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. Прове-

денное исследование кинетики восстановления серебра ( $6 \cdot 10^{-3}$  М) при соотношении компонентов в настое «маклейя мелкоплодная : подорожник большой» 1 : 2 и при  $t = 80-90$  °С 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  $t = 20$  °С 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. Поскольку особый интерес представляла биологическая активность полученных образцов, в сравнительном бактериологическом исследовании в качестве позитивного контроля выступали нетканые льносодержащие образцы, обработанные «Повиарголом», содержащим стабилизированные поливинилпирролидоном наночастицы серебра с диаметром 4 нм. Также использовались льносодержащие нетканые образцы «Эконанотекс», формирование наночастиц в которых проводилось восстановление серебра в растворах его солей в присутствии других полимеров.

Сопоставление результатов исследования продемонстрировало, что выраженность антимикробного эффекта у образцов зависит от состояния наночастиц, условий их формирования и природы используемых прекурсоров. Так, максимальный антимикробный эффект был присущ образцам, обработанным раствором «Повиаргола» (диаметр зоны ингибирования роста *S. aureus* составил  $19,7 \pm 0,82$  мм). Экспериментально установлено, что использование настоя «ФитоМП» в качестве стабилизирующей матрицы для нульвалентного серебра позволяет снизить количество вводимого в льняной нетканый сорбент металла и достичь при этом высокой биологической активности. Так, при значительном (в 3,5 раза) превосходстве в содержании антимикробного агента образец № 133 («Эконанотекс») достоверно уступал по выраженности эффекта образцу № 139 («Бионанотекс»): диаметры зон ингибирования роста *S. aureus* ими составили  $12,40 \pm 0,52$  и  $13,80 \pm 0,42$  мм соответственно ( $p < 0,05$ ).

Особую актуальность на сегодняшний день представляет поиск антимикробных агентов, влияющих на жизнеспособность микроорганизмов в культуре и биопленках. При просмотре в системе Leica DM 2000 с программным обеспечением Leica application suit V.3.6.0, камера DFX 295 обнаружено, что льносодержащий нетканый образец № 139 «Бионанотекс» способен разрушать экзополимерный матрикс *S. aureus* ATCC 6538 (рисунок).



Экзополимерный матрикс биопленки *S. aureus* ATCC 6538 под действием нетканого льносодержащего образца № 139:  
*a* – сформированный, *б* – разрушенный

**Заключение.** Имеющийся ассортимент текстильных материалов позволяет масштабнo разработать альтернативные зарубежным аналогам отечественные перевязочные средства. Установлена перспективность полиэфирного гардинного полотна с напыленными частицами меди в качестве антимикробной атравматичной сетки, использование которой в комбинации с серебро-содержащим сорбентом позволяет очистить раневую поверхность от микробов вдвое быстрее по сравнению с контролем.

Наличие в республике собственного возобновляемого растительного источника целлюлозы и использование продуктов льнопереработки, в том числе неостребованного короткого волокна, вне зависимости от конъюнктуры цен на импортируемый хлопок и от его качества также позволяет решать стратегическую задачу обеспечения выпуска инновационных полифункциональных перевязочных материалов. Впервые установлена выраженная антимикробная активность в отношении планктонных и биопленочных форм возбудителей раневой инфекции у нетканых полотен, полученных из низкомерного короткого льняного волокна и обработанных наночастицами серебра. Выявлена перспективность использования настоя «ФитоМП» в качестве стабилизирующей матрицы для нульвалентного серебра.

### Литература

1. Абаев Ю. К. // Вестн. хирургии им. И. И. Грекова. 2005. Т. 164, № 3. С. 107–111.
2. Блатун Л. А. // Врач. 2005. № 1. С. 3–5.
3. Голуб А. В. // Клин. микробиол. антимикроб. химиотер. 2011. № 13. С. 56–66.
4. Козлов Р. С. // Клин. микробиол. антимикроб. химиотер. 2010. Т. 12, № 4. С. 284–294.
5. Белобородов В. Б. // Инфекц. и антимикроб. терап. 2005. № 4. С. 138–145.
6. Bjarnsholt T. // Wound Repair Regen. 2008. Vol. 16, N 1. P. 2–10.
7. Werthen M. // APMIS. 2010. N 118. P. 156–164.
8. Valaperta R. et al. // New Microbiol. 2010. Vol. 33, N 3. P. 223–232.
9. Бархатова Н. А. // Казан. мед. журн. 2009. Т. 90, № 3. С. 385–390.
10. Белоцерковский Б. З. и др. // Инфекции в хирургии. 2009. Т. 7, № 2. С. 70–76.
11. Eady E. A., Cove J. H. // Curr. Opin. Infect. Dis. 2003. N 16. P. 103–124.
12. Kirby J. T. et al. // Diagn. Microbiol. Infect. Dis. 2002. Vol. 43, N 4. P. 303–309.
13. Plowman R. et al. // J. of Hospital Infection. 2001. N 47. P. 198–209.
14. Романова Ю. М. и др. // Вестн. РАМН. 2011. № 10. С. 31–39.
15. Афиногенова А. Г. // Травматол. и ортопедия России. 2011. № 3. С. 119–125.
16. Гостев В. В., Сидоренко В. В. // Журн. инфектологии. 2010. № 2 (3). С. 4–15.
17. Чеботарь И. В. // Клин. микробиол. антимикроб. химиотер. 2012. Т. 14, № 1. С. 51–58.
18. Aslam S., Darouiche R. O. // Int. J. Artif. Organs. 2010. N 34. P. 752–758.
19. Абаев Ю. К. // Мед. новости. 2003. № 12. С. 30–37.
20. Адамян А. А. и др. // Хирургия. 2004. № 12. С. 10–14.
21. Cavanagh M. H. // Int. Wound J. 2010. Vol. 7, N 5. P. 394–405.
22. Cencetti C. et al. // Carbohydr. Polym. 2012. Vol. 90, N 3. P. 1362–1370.
23. Olson M. E. et al. // Can. J. Vet. Res. 2002. N 66. P. 86–92.
24. Percival S. L., Slone W., Linton S. // Int. Wound J. 2011. Vol. 8, N 3. P. 237–243.
25. Биргер М. О. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования. М., 1982. – 464 с.
26. Гусаков В. Г., Бельский В. И., Шпак А. П. // Аграрная экономика. 2011. № 9. С. 30–37.
27. Морыганов А. П., Фролова А. В., Смыслов Г. И. Инновации в медицине. Новосибирск, 2013. – 308 с.
28. Begum N. A. et al. // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2009. Vol. 71, N 1. P. 113–118.
29. Nadagouda M. N. // Green Chem. 2008. Vol. 10, N 8. P. 859–862.
30. Косинец А. Н., Фролова А. В., Булавкин В. П. // Новости хирургии. 2006. № 1. С. 20–29.

A. V. FROLOVA, A. N. KOSINETS, I. N. DUBINA, A. G. DENIZHENKO, A. P. MORYGANOV  
aelita\_frolova@tut.by

### DRESSINGS PROCESSED BY BIOLOGICALLY ACTIVE NANOCOMPOSITE MATERIALS

#### Summary

The perspectives of using domestic raw materials for creation of import-substituting biologically active nanocomposite dressings have been revealed. It has been found that the antimicrobial activity of dressings depends on the metal used for processing a material, size of its particles, and a way of dressing application, as well as on the chemical composition and the material-carrier structure. The expressed antimicrobial activity is proved as regards to plankton and biofilms forms of germs of wound infection of nonwoven fabric made of short flax fiber and processed by silver nanoparticles.