

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЕРЕВЯЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ НЕТКАНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОВОЛОКОН

МИКЛИС Н.И.¹, АЛЕКСЕЕВ И.С.², БУРАК И.И.¹, ДОРОШЕНКО И.А.²,
ГОНЧАРЕВИЧ А.Л.³, ЛАДИК Ю.С.¹

¹Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск, Республика Беларусь

²Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь

³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2020. – Том 19, №5. – С. 40-47.

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE DRESSING MATERIAL FROM NONWOVEN POLYMER NANOFIBERS

MIKLIS N.I.¹, ALEKSEYEV I.S.², BURAK I.I.¹, DOROSHENKO I.A.², GONCHAREVICH A.L.³, LADIK Y.S.¹

¹Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

²Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

³Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2020;19(5):40-47.

Резюме.

Цель – определить антимикробную активность разработанных биосовместимых биodeградируемых нетканых полимерных сорбционных перевязочных материалов из пористых нановолокон, состоящих из смеси поливинилового спирта и поливинилпирролидона с антисептиками, в зависимости от содержания порофора.

Материал и методы. Антимикробную активность в отношении стандартных музейных штаммов микроорганизмов исследовали в 4 сериях опытов у 9 разработанных нетканых полимерных сорбционных перевязочных материалов из пористых нановолокон, содержащих смесь полимеров-носителей поливинилового спирта и поливинилпирролидона с антисептиками хлоргексидином, серебром коллоидным или тилозином и порофором или без него. Результаты исследования показали, что все исследуемые нетканые полимерные сорбционные перевязочные материалы, содержащие смесь полимеров-носителей поливинилспиртовых волокон и поливинилпирролидона с 0,1% хлоргексидином, 0,05% серебром коллоидным или 5% тилозином обладают антимикробной активностью в отношении стандартных тест-культур микроорганизмов *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* и *C. albicans* ATCC коллекции. Добавление 3% порофора к перевязочному материалу с антисептиком хлоргексидином незначительно усилило его антимикробную активность в отношении стандартных микроорганизмов. Добавление 5% порофора обусловило более выраженное усиление антимикробной активности, а 7% и 9% – достоверное усиление антимикробной активности в отношении всех исследуемых тест-культур. Добавление 5% порофора к перевязочным материалам с антисептиком тилозином достоверно усилило их антимикробную активность в отношении всех тест-культур микроорганизмов, а с серебром коллоидным – в отношении *S. aureus*.

Таким образом, оптимальными в качестве перевязочных являются биосовместимые биodeградируемые нетканые полимерные сорбционные материалы на основе поливинилового спирта и поливинилпирролидона с антисептиками тилозином или серебром коллоидным, содержащие не менее 5% порофора.

Закключение. Полученные результаты позволяют рекомендовать проведение дальнейших испытаний нетканых волокнистых материалов на основе биосовместимых биodeградируемых пористых нановолокон в качестве медицинских перевязочных и ранозаживляющих средств.

Ключевые слова: полимерные нановолокна, антисептики, порофор, перевязочный материал, антимикробная активность.

Abstract.

Objectives. To determine the antimicrobial activity of the developed biocompatible biodegradable nonwoven polymer sorption dressing materials from porous nanofibers on the basis of polyvinyl alcohol and polyvinylpyrrolidone with antiseptics depending on the content of porofor.

Material and methods. Antimicrobial activity against standard museum strains of microorganisms has been investigated in 4 series of experiments with 9 samples of the developed nonwoven polymer sorption dressing materials from porous nanofibers, containing the mixture of polymers-carriers of polyvinyl alcohol and polyvinylpyrrolidone with porofor or without it and antiseptics.

Results. It has been established that all studied nonwoven polymer sorption dressing materials containing the mixture of polymers-carriers with 0.1% chlorhexidine, 0.05% colloidal silver or 5% tylosin, without addition or with addition of porofor, possess antimicrobial activity against museum test cultures of microorganisms *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* and *C. albicans* ATCC collection. The addition of 3% porofor to the mixture of polymers-carriers with chlorhexidine has slightly increased antimicrobial activity of the sample against standard microorganisms. The addition of 5% porofor has caused a more pronounced increase of antimicrobial activity, and that of 7% and 9% porofor resulted in reliable increase of antimicrobial activity against all studied test cultures.

The addition of 5% porofor to nonwoven polymer sorption dressing materials containing the mixture of polymers-carriers with tylosin has reliably increased antimicrobial activity of samples against all studied test cultures of microorganisms, and when combined with colloidal silver – against *S. aureus*.

So, the content of porofor not less than 5% as a part of dressing materials may be considered as optimal.

Conclusions. The received results allow to recommend conducting further trials of nonwoven fibrous materials on the basis of biocompatible biodegradable porous nanofibers as medical dressings and remedies for wound healing.

Key words: polymer nanofibers, antiseptics, porofor, dressing material, antimicrobial activity.

В настоящее время потребность в перевязочных средствах, которые делают лечение ран более эффективным, постоянно растет [1]. На современном этапе для изготовления перевязочных средств широко используют хлопчатобумажные, синтетические и вискозные ткани, ленты, полотна, нити и другие покрытия природного, синтетического или смешанного происхождения [2].

Перевязочный материал может оказывать на раневой процесс противомикробное, гемостатическое, иммуномодулирующее, регенерирующее и обезболивающее воздействие, а также способствовать удалению из раны продуктов деструкции тканей и токсинов. В связи с этим он широко используется для остановки кровотечения, дренирования и осушения ран и операционного поля, а также защиты раны и обожженной поверхности от вторичного инфицирования.

Для перевязок люди с глубокой древности применяли древесину, листья некоторых растений, мох. Постепенно с развитием науки и техники перевязочный материал стали изготавливать из хлопка, бумажной и вискозной пряжи [2]. На сегодняшний день, кроме традиционных марли, бинтов и ваты, в качестве перевязочных материалов используют сорбенты углеродные тканевые, гидрогели, коллаген, хитозан, альгинаты, целлюлозу, а также пленкообразующие аэрозоли [3-6].

Для предотвращения инфицирования, сокращения сроков грануляции и обезболивания перевязочные материалы пропитывают противомикробными и другими лекарственными средствами [7]. Синтетические повязки изготавливают из целлюлозных материалов с гидрофобной микросеткой, материалов на основе поливинилхлорида, поливинилового спирта, полистирола, полиуретана и других полимеров [3].

Используемые перевязочные материалы должны создавать оптимальную микросреду для заживления ран и ускорять сроки заживления, быть эластичными, прочными и гигроскопичными, стерильными, неаллергенными и нетоксичными, экономичными и эргономичными, обладать антиадгезивными, субстратопроницаемыми и микробонепроницаемыми свойствами [2].

Следует отметить, что в ряде случаев существующий перевязочный материал обладает низкой гигроскопичностью и влагоемкостью, малой эластичностью, прочностью и адгезией к ране, что приводит к травме грануляций и болевому синдрому при его удалении и ограничивает его применение в клинике. Кроме того, некоторые виды перевязочного материала ухудшают свои свойства после стерилизации [8].

В настоящее время для изготовления раневых покрытий и перевязочных средств начинают

широко использовать синтетический нетканый волокнистый перевязочный материал из биосовместимых и биodeградируемых полимеров [9]. Довольно активно изучаются эксплуатационные свойства существующих перевязочных средств в форме губок и пленок, лечебных и физико-механических наносодержащих биопленок [10, 11].

Особый интерес вызывают полученные методом электроформования пористые нановолокнистые композиционные материалы из поливинилспиртовых волокон (ПВС), поливинилпирролидона (ПВП), полиакриловой и других кислот с добавлением лекарственных средств [12, 13]. Следует отметить, что наличие пор на поверхности и внутри волокон способствует высвобождению содержащихся лекарственных средств [14].

Нами путем электроформования получены биосовместимые биodeградируемые нетканые полимерные сорбционные материалы [12, 15] из 9% водных растворов ПВС и ПВП с добавлением порофора и антисептиков хлоргексидина, серебра коллоидного или тилозина. Однако антимикробная активность разработанных материалов окончательно не изучена.

Цель – определить антимикробную активность разработанных биосовместимых биodeградируемых нетканых полимерных сорбционных материалов на основе поливинилового спирта и поливинилпирролидона с антисептиками в зависимости от содержания порофора.

Материал и методы

Антимикробную активность в отношении стандартных музейных штаммов микроорганизмов *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231 исследовали в 4 сериях опытов у 9 нетканых полимерных сорбционных материалов из пористых нановолокон, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с порофором или без него и антисептиком (рис. 1).

В 1-й серии опытов у нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП без порофора с 0,01% хлоргексидином (образец X1), с 0,05% серебром коллоидным (образец C1) и с 5% тилозином (образец T1), изучали антимикробную активность в отношении стандартных музейных штаммов микроорганизмов.

Во 2-й серии антимикробную активность в отношении стандартных музейных штаммов



Рисунок 1 – Образцы нетканых полимерных сорбционных материалов из пористых нановолокон.

микроорганизмов изучали у нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,1% хлоргексидином и 3% порофором (образец X2), смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,1% хлоргексидином и 5% порофором (образец X3), смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,1% хлоргексидином и 7% порофором (образец X4), смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,1% хлоргексидином и 9% порофором (образец X5). Контролем служил образец X1, представляющий смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,1% хлоргексидином без порофора.

В 3-й серии антимикробную активность в отношении стандартных музейных штаммов микроорганизмов изучали у нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,05% серебром коллоидным и 5% порофором (образец C2). Контролем была смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,05% серебром коллоидным без порофора (образец C1).

В 4-й серии антимикробную активность в отношении стандартных музейных штаммов микроорганизмов изучали у нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 5% тилозином и 5% порофором (образец T2). Контролем служил образец T1, представляющий смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 5% тилозином без порофора.

Исследование антимикробной активности нетканых полимерных сорбционных материалов из пористых нановолокон проводили в боксе кафедры клинической микробиологии УО «Витебский государственный медицинский университет» объемом 30 м³ при закрытых окнах и двери, наличии аэрации. В качестве тест-культур

использовали стандартные музейные штаммы микроорганизмов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, стандартизованные до 10^5 КОЕ/см³. Эксперимент проводили 3 раза, на чашку Петри с питательной средой (среда для контроля стерильности, среда Сабуро) вносили взвесь 10^5 колониеобразующих единиц суточной культуры тест-микроорганизмов (1 мл). На засеянный агар накладывали испытуемые образцы диаметром 10 мм и после суточной инкубации в термостате при $t=37^\circ\text{C}$ измеряли диаметры зон ингибирования роста микроорганизмов. При отсутствии зоны задержки роста считали, что антимикробная активность отсутствует [16].

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием параметрических методов статистического анализа с помощью программ Excel-2013 и Statistica v6.0. Проводилось вычисление средних значений количественных показателей (M) и стандартного отклонения (σ). Существенность различий средних значений оценивалась по коэффициенту Стьюдента (t). Различия цифровых показателей считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты

Результаты исследования 1-й серии опытов показали, что диаметры зон подавления роста *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* и *S. aureus* у образца X1 были более 10 мм и не отличались между собой ($p>0,05$) (табл. 1). Диаметры зон подавления роста стандартных штаммов микробов образцами T1 и C1 также были более 10 мм и друг от друга не отличались ($p>0,05$) (табл. 1).

Результаты исследования 2-й серии показали, что в образце X2 зоны подавления *E. coli* и *C. albicans* были выше образца X1 на 9 и 5% соответственно ($p<0,05$), *P. aeruginosa* и *S. aureus* были выше на 4 и 6 % соответственно и значимо не отличались от образца X1 ($p>0,05$) (рис. 2).

В образце X3 диаметр зоны подавле-

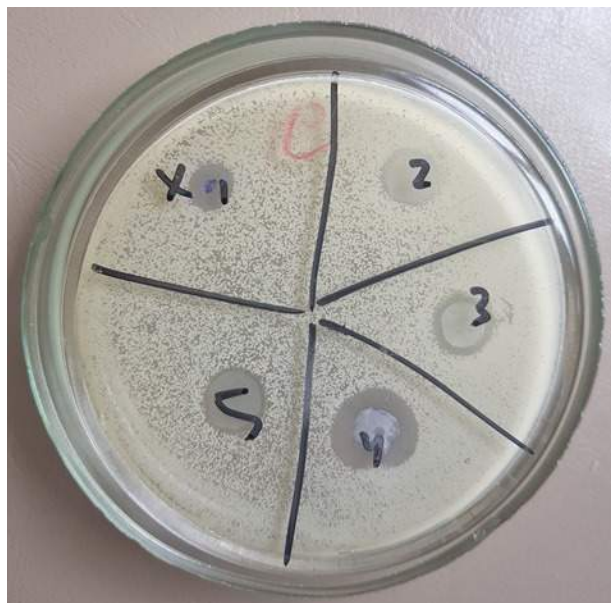


Рисунок 2 – Ингибирование роста стандартных тест-культур *C. albicans* образцами X1, X2, X3, X4, X5.

ния роста у *E. coli* был выше на 21% ($p<0,05$), *P. aeruginosa* – на 7% ($p>0,05$), *C. albicans* – на 15% ($p<0,05$), *S. aureus* – на 20% ($p<0,05$), чем в образце X1 (рис. 2).

Образец X4 подавлял рост *E. coli* на 32%, *P. aeruginosa* – на 9%, *C. albicans* – на 25%, *S. aureus* – на 30% достоверно выше ($p<0,05$), по сравнению с образцом X1.

В образце X5 диаметр зоны подавления роста *E. coli* был выше на 26%, *P. aeruginosa* – на 8%, *C. albicans* – на 20%, *S. aureus* – на 40% достоверно выше ($p<0,05$), чем в образце X1 (табл. 2, рис. 2).

В 3-й серии опытов в образце T2 зона подавления *E. coli* была больше на 11%, *C. albicans* – на 15%, *P. aeruginosa* – на 19 %, а у *S. aureus* – больше на 26% ($p<0,05$), чем в образце T1 (табл. 2).

В 4-й серии опытов в образце C2 диаметр зоны подавления роста *E. coli* был выше на 8% ($p>0,05$), *P. aeruginosa* – на 6% ($p>0,05$), *C. albicans* – на 3% ($p>0,05$), *S. aureus* – на 48% ($p<0,05$) по сравнению с образцом C1 (табл. 2).

Таблица 1 – Диаметры зон подавления роста стандартных микроорганизмов неткаными полимерными сорбционными материалами без порофора, мм ($M\pm\delta$)

Образцы	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>	<i>S. aureus</i>
X1	10,17 \pm 0,15	10,33 \pm 0,15	10,43 \pm 0,11	10,6 \pm 0,1
T1	10,43 \pm 0,11	10,27 \pm 0,25	10,47 \pm 0,15	10,97 \pm 0,35
C1	10,5 \pm 0,2	10,17 \pm 0,15	10,33 \pm 0,15	10,5 \pm 0,2

Таблица 2 – Диаметры зон подавления роста стандартных микроорганизмов неткаными полимерными сорбционными материалами с порофором, мм ($M \pm \delta$)

Образцы	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>	<i>S. aureus</i>
X1	10,17±0,15	10,33±0,15	10,43±0,11	10,6±0,1
X2	11,03±0,21 $p_1=0,04$	10,73±0,25 $p_1=0,2$	11,0±0,2 $p_1=0,08$	11,27±0,3 $p_1=0,12$
X3	12,26±0,25 $p_1=0,01$	11,03±0,25 $p_1=0,09$	12,03±0,25 $p_1=0,01$	12,7±0,2 $p_1=0,003$
X4	13,4±0,53 $p_1=0,01$	11,27±0,25 $p_1=0,04$	13,07±0,23 $p_1=0,01$	13,77±0,25 $p_1=0,001$
X5	12,8±0,2 $p_1=0,002$	11,13±0,21 $p_1=0,05$	12,53±0,35 $p_1=0,01$	14,87±0,3 $p_1=0,001$
T1	10,43±0,11	10,27±0,25	10,47±0,15	10,97±0,35
T2	11,6±0,17 $p_2=0,01$	11,76±0,25 $p_2=0,02$	12,43±0,4 $p_2=0,02$	13,77±0,25 $p_2=0,01$
C1	10,5±0,2	10,17±0,15	10,33±0,15	10,5±0,2
C2	11,3±0,2 $p_3=0,07$	10,8±0,3 $p_3=0,16$	10,66±0,15 $p_3=0,2$	15,6±0,52 $p_3=0,003$

Примечание: p_1 – достоверность разницы по сравнению с образцом X1; p_2 – достоверность разницы по сравнению с образцом T1; p_3 – достоверность разницы по сравнению с образцом C1.

Обсуждение

Анализ результатов исследования показывает, что все исследуемые образцы нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,1% хлоргексидином, 0,05% серебром коллоидным или 5% тилозином, обладают антимикробной активностью в отношении стандартных тест-культур микроорганизмов *E.coli*, *S.aureus*, *P.aeruginosa* и *C.albicans*. Полученные результаты подтверждаются другими данными [15]. Следует отметить, что у указанных образцов антимикробная активность в отношении стандартных музейных штаммов микроорганизмов практически одинакова.

Добавление порофора к смеси полимеров-носителей ПВС и ПВП с 1% хлоргексидином обусловило усиление антимикробной активности нетканых полимерных сорбционных материалов, выраженность которого зависела от количества внесенного порофора. Так, добавление 3% порофора незначительно усилило антимикробную активность образца в отношении стандартных микроорганизмов. Добавление 5% порофора обусловило достоверное подавления роста у *E.coli*, *C. albicans* и *S. aureus* на 21, 15 и 20%, 7% порофора – достоверное подавление роста у всех ис-

следуемых микроорганизмов на 9-32% соответственно по сравнению с образцом без порофора. При добавлении 9% порофора отмечалось достоверное подавление роста на 8-40%.

Вместе с тем, подавление роста *C.albicans* на 15%, 25% и 20% обусловило только добавление соответственно 5%, 7% и 9% порофора, а добавление 5%, 7% или 9% порофора к усилению подавления роста *P. aeruginosa* не приводило.

Добавление 5% порофора к нетканым полимерным сорбционным материалам, содержащим смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 5% тилозином, привело к достоверному усилению их антимикробной активности только в отношении всех исследуемых тест-культур на 11-26% по сравнению с аналогичным образцом без порофора. Достоверное усиление антимикробной активности нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 0,05% серебром коллоидным, после добавления 5% порофора отмечалось только в отношении *S.aureus*.

Следует отметить, что из изученных стандартных штаммов микроорганизмов *E.coli* оказалась более чувствительна к образцам нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей ПВС и ПВП с 1% хлоргексидином с добавлением 5%, 7% и 9%

порофора, *P.aeruginosa* – образцу с 5% тилозином и 5% порофором, *C.albicans* – образцам с 1% хлоргексидином с добавлением 7% и 9% порофора, *S. aureus* – образцам с 1% хлоргексидином с добавлением 5%, 7% и 9% порофора, с 5% тилозином и 5% порофором, с 0,05% серебром коллоидным и 5% порофором. Таким образом, наибольшая чувствительность ко всем образцам была отмечена у *S.aureus*, наибольшая устойчивость – у *P.aeruginosa*.

Заключение

Исследуемые образцы нетканых полимерных сорбционных материалов, содержащих смесь полимеров-носителей поливинилспиртовых волокон и поливинилпирролидона с хлоргексидином, серебром коллоидным или тилозином обладают антимикробной активностью в отношении стандартных тест-культур микроорганизмов.

Добавление порофора к смеси полимеров-носителей ПВС и ПВП с антисептиками приводит к усилению антимикробной активности нетканых полимерных сорбционных материалов в отношении *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231, выраженность которого зависит от количества внесенного порофора. Оптимальным в составе перевязочных материалов можно считать содержание порофора 5% и более. Наибольшей чувствительностью к изученным образцам обладает у *S.aureus*, наименьшей – *P. aeruginosa*.

Полученные результаты позволяют рекомендовать проведение дальнейших испытаний нетканых волокнистых материалов на основе биосовместимых биodeградируемых пористых нановолокон в качестве медицинских перевязочных средств. Применение их в медицине будет способствовать скорейшему заживлению раневых поверхностей и выздоровлению пациентов.

Информация об источнике поддержки.

Работа выполнялась в рамках ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» задания 2.48 «Технология нетканых полимерных сорбционных материалов из пористых нановолокон ветеринарного и медицинского назначения полученных электроформованием» № ГР 20163067.

Information about the sources of financing.

The research was conducted within the frames of the theme task 2.48 «Technology of nonwoven

polymer sorption materials from porous nanofibers of veterinary and medical use received by means of electrospinning» of State Research Programs (GPNI) of the Republic of Belarus «Physical materials science, new materials and their technologies», №GR 20163067.

Благодарность. Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой клинической микробиологии УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», профессору Генералову Игорю Ивановичу за оказанное содействие при проведении исследований.

Acknowledgement. The authors express their gratitude to the head of the Chair of Clinical Microbiology of Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Professor Generalov Igor Ivanovich for the help provided while conducting investigations.

Литература

- Recent advances on antimicrobial wound dressing: A review / D. Simões [et al]. // Eur. J. Pharm. Biopharm. – 2018 Jun. – Vol. 127. – P. 130–141.
- Sood, A. Wound Dressings and Comparative Effectiveness Data / A. Sood, M. S. Granick, N. L. Tomaselli // Adv. Wound Care (New Rochelle). – 2012 Aug. – Vol. 3, N 8. – P. 511–529.
- Acosta, S. Clinical outcome and microvascular blood flow in VAC- and Sorbalgon-treated peri-vascular infected wounds in the groin after vascular surgery – an early interim analysis / S. Acosta, C. Monsen, M. Dencker // Int. Wound J. – 2013 Aug. – Vol. 10, N 4. – P. 377–382.
- Государственный реестр медицинской техники и изделий медицинского назначения Республики Беларусь [Электронный ресурс] / УП Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении. – Режим доступа: https://www.rceth.by/Refbank/reestr_meditsinskoy_tekhniki/results. – Дата доступа: 23.10.2020.
- Wound healing dressings and drug delivery systems: a review / S. J. Boateng [et al]. // J. Pharm. Sci. – 2008 Aug. – Vol. 97, N 8. – P. 2892–2923.
- Kucińska-Lipka, J. Bacterial cellulose in the field of wound healing and regenerative medicine of skin: recent trends and future perspectives / J. Kucińska-Lipka, I. Gubanska, H. Janik // Polym. Bull. – 2015. – Vol. 72, N 9. – P. 2399–2419.
- Современные раневые покрытия в лечении гнойных ран / Ю. С. Винник [и др.] // Новости хирургии. – 2015. – Т. 23, № 5. – С. 552–558.
- In search of the optimal wound dressing material following total hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis / G. Sharma [et al.]. // Int. Orthop. – 2017 Jul. – Vol. 41, N 7. – P. 1295–1305.
- Kieran, F. Multifaceted Potential of Electro-spinning in Regenerative Medicine / F. Kieran, P. Abhay, D. I. Zeugolis // Pharm. Nanotech. – 2014. – Vol. 2, N 1. – P. 23–34.
- Исследование лечебных и физико-механических свойств

- наносодержащих биополимерных пленок / О. Я. Попадюк [и др.] // Новости хирургии. – 2019. – Т. 27, № 1. – С. 16–25.
11. Легонькова, О. А. Исследование эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств / О. А. Легонькова, В. Г. Васильев, Л. Ю. Асанова // Раны и раневые инфекции. – 2015. – Т. 2, № 2. – С. 32–39.
 12. Влияние составов растворов полимеров и технологии получения образцов на растворимость нетканых материалов / И. С. Алексеев [и др.] // Вестн. Витеб. гос. технол. ун-та. – 2015. – № 28. – С. 116–122.
 13. Burger, C. B. Nanofibrous materials and their applications / C. Burger, B. S. Hsiao, B. Chu // Ann. Rev. Mater. Res. – 2006 Aug. – Vol. 36, N 1. – P. 333–368.
 14. Куринова, М. А. Современные раневые покрытия (обзор) / М. А. Куринова, Л. С. Гальбрайт, Д. Э. Скибина // Современная медицина: актуальные вопросы : сб. ст. по материалам XLVIII-XLIX междунар. науч.-практ. конф. № 10-11, нояб. 2015 г. – Новосибирск : СибАК, 2015. – С. 137–145.
 15. Миклис, Н. И. Эффективность раневых электроформованных нетканых материалов на основе поливинилового спирта / Н. И. Миклис, И. С. Алексеев, И. А. Дорошенко // Вестн. ВГМУ. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 89–96.
 16. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам [Электронный ресурс] : метод. указания № 4.2.1890-04 / Н. А. Семина [и др.]. – Москва, 2004. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200038583>. – Дата доступа: 23.10.2020.

Поступила 13.07.2020 г.

Принята в печать 19.10.2020 г.

References

1. Simões D, Miguel SP, Ribeiro MP, Coutinho P, Mendonça AG, Correia IJ. Recent advances on antimicrobial wound dressing: A review. Eur J Pharm Biopharm. 2018 Jun;127:130-141. doi: 10.1016/j.ejpb.2018.02.022
2. Sood A, Granick MS, Tomaselli NL. Wound Dressings and Comparative Effectiveness Data. Adv Wound Care (New Rochelle). 2014 Aug;3(8):511-529. doi: 10.1089/wound.2012.0401
3. Acosta S, Monsen C, Dencker M. Clinical outcome and microvascular blood flow in VAC- and Sorbalgon-treated perivascular infected wounds in the groin after vascular surgery – an early interim analysis. Int Wound J. 2013 Aug;10(4):377-82. doi: 10.1111/j.1742-481X.2012.00993.x
4. UP Tsentr ekspertiz i ispytani v zdravookhraneni. State Register of Medical Equipment and Medical Products of the Republic of Belarus [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://www.rceth.by/Refbank/reestr_medicinskoy_tehniki/results. Data dostupa: 23.10.2020. (In Russ.)
5. Boateng JS, Matthews KH, Stevens HNE, Eccleston GM. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. J Pharm Sci. 2008 Aug;97(8):2892-923. doi: 10.1002/jps.21210
6. Kucińska-Lipka J, Gubanska I, Janik H. Bacterial cellulose in the field of wound healing and regenerative medicine of skin: recent trends and future perspectives. Polym Bull. 2015;72(9):2399-419. doi: 10.1007/s00289-015-1407-3.
7. Vinnik IuS, Markelova NM, Soloveva NS, Shishatkaia EI, Kuznetsov MN, Zuev AP. Modern wound dressings in the treatment of purulent wounds. Novosti Khirurgii. 2015;23(5):552-8. (In Russ.)
8. Sharma G, Lee SW, Atanacio O, Parvizi J, Kim TK. In search of the optimal wound dressing material following total hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. Int Orthop. 2017 Jul;41(7):1295-1305. doi: 10.1007/s00264-017-3484-4
9. Kieran F, Abhay P, Zeugolis DI. Multifaceted Potential of Electro-spinning in Regenerative Medicine. Pharm Nanotech. 2014;2(1):23-34. doi: 10.2174/2211738502666140328223829
10. Popadiuk OIa, Malyshevskaia OS, Ropiak LIa, Vitvitskii VS, Droniak MM. Investigation of medicinal and physical and mechanical properties of nano-containing biopolymer films. Novosti Khirurgii. 2019;27(1):16-25. (In Russ.)
11. Legonkova OA, Vasilev VG, Asanova LIu. Study of the operational properties of polymer dressings. Rany Ranevye Infektsii. 2015;2(2):32-9. (In Russ.)
12. Alekseev IS, Stepin SG, Doroshenko IA, Klimenkov SS. Influence of polymer solution compositions and sample preparation technology on the solubility of nonwoven materials. Vestn Viteb Gos Tekhnol Un-ta. 2015;(28):116-22. (In Russ.)
13. Burger CB, Hsiao BS, Chu B. Nanofibrous materials and their applications. Ann Rev Mater Res. 2006 Aug;36(1):333-68. doi: 10.1146/annurev.matsci.36.011205.123537
14. Kurinova MA, Galbraikh LS, Skibina DE. Modern wound dressings (review). V: Sovremennaiia meditsina: aktual'nye voprosy: sb st po materialam XLVIII-XLIX mezhdunar nauch-prakt konf № 10-11, noiab 2015 g. Novosibirsk, RF: SibAK; 2015. P. 137-45. (In Russ.)
15. Miklis NI, Alekseev IS, Doroshenko IA. Efficiency of wound electroformed nonwovens based on polyvinyl alcohol. Vestn VGMU. 2017;16(4):89-96. (In Russ.)
16. Semina NA, Sidorenko SV, Rezvan SP, Grudinina SA, Strachunskii LS, Stetsiuk OU, i dr. Determination of the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs [Elektronnyi resurs]: metod ukazaniia № 4.2.1890-04. Moscow, RF; 2004. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200038583>. Data dostupa: 23.10.2020. (In Russ.)

Submitted 13.07.2020

Accepted 19.10.2020

Сведения об авторах:

Миклис Н.И. – к.м.н., доцент, заведующая кафедрой общей гигиены и экологии, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7707-5882>;

Алексеев И.С. – к.т.н., доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, Витебский государственный технологический университет;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3213-7277>;

Бурак И.И. – д.м.н., профессор кафедры общей гигиены и экологии, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7204-3056>;

Дорошенко И.А. – лаборант кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, Витебский государственный технологический университет,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2970-5218>;

Гончаревич А.Л. – ассистент кафедры информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники;

Ладик Ю.С. – студентка 5 курса лечебного факультета, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет.

Information about authors:

Miklis N.I. – Candidate of Medical Sciences, associate professor, head of the Chair of General Hygiene & Ecology, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7707-5882>;

Alekseyev I.S. – Candidate of Technological Sciences, associate professor of the Chair of Technology & Equipment of Mechanical Engineering Production, Vitebsk State Technological University,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3213-7277>;

Burak I.I. – Doctor of Medical Sciences, professor of the Chair of General Hygiene & Ecology, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7204-3056>;

Doroshenko I.A. – laboratory assistant of the Chair of Technology & Equipment of Mechanical Engineering Production, Vitebsk State Technological University;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2970-5218>;

Goncharevich A.L. – lecturer of the Chair of Information Technologies of Automated Systems, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics;

Ladik Y.S. – the fifth-year medical student, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 210009, г. Витебск, пр. Фрунзе, 27, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, кафедра общей гигиены и экологии. E-mail: miklisnatalia@gmail.com – Миклис Наталья Ивановна.

Correspondence address: Republic of Belarus, 210009, Vitebsk, 27 Frunze ave., Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Chair of General Hygiene & Ecology. E-mail: miklisnatalia@gmail.com – Natalya I. Miklis.