

АНТИСЕПТИЧЕСКИЕ ПЕРЕВЯЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СФАГНУМА

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань

Гараев И.Х., Мусин И.Н., Зенитова Л.А.

Работа посвящена доклиническим исследованиям нового антисептического хирургического перевязочного материала с высокой поглотительной способностью на основе растительного сырья – сфагнума. Сфагнум известен в народной медицине как хороший антисептический материал. Особенно активно его использовали во время Великой Отечественной войны партизаны в болотистых лесах Белоруссии, спасая раненых от смерти. Несмотря на известность в народной медицине, до настоящего времени нет промышленного производства перевязочных материалов на его основе. Возможность практического решения вопроса импортозамещения перевязочных материалов с помощью этой работы подтверждает ее актуальность. Кроме того, в литературе практически отсутствует информация о физико-химических характеристиках сфагнума и причинах наличия у него антисептических свойств. В работе исследован состав соединений, придающих антисептические свойства сфагнуму, с использованием современных инструментальных методов. Определено содержание микроэлементов в составе сфагнума. Сделан опытный образец перевязочного материала и оценена его способность проявлять антисептические свойства к микроорганизмам и грибкам Staphylococcus aureus, Actinomyces sp, Candida spp., E.Coli и Bacillus cereus. Проведенные исследования показали принципиальную возможность создания новых хирургических перевязочных материалов на основе сфагнума с лучшими эксплуатационными характеристиками в сравнении с ватно-марлевыми перевязочными материалами.

Ключевые слова: антисептика, перевязочный материал, микроэлементы, анализ.

The research focuses on preclinical studies of new antiseptic surgical bandaging material with a high absorption capacity based on plant raw material — sphagnum. In folk medicine, sphagnum is known as good antiseptic material. Partisans used it particularly actively in marshy forests of Belarus saving the wounded from death during the Great Patriotic War. Despite the fame in folk medicine, until now there is no industrial production of bandaging material on its basis. The possibility of practical solution of the issue of import substitution of bandaging materials with the help of this study confirms its significance. Besides, in literature, there is virtually no information on physical and chemical characteristics of sphagnum and reasons for its antiseptic properties. In this study, the composition of compounds giving antiseptic properties to sphagnum was investigated with the use of modern instrumental methods. The content of trace elements in the sphagnum composition was determined. A prototype of bandaging material was made, its ability to show antiseptic properties towards trace elements and fungi of Staphylococcus aureus, Actinomyces sp, Candida spp., E.Coli and Bacillus cereus was assessed. The conducted studies showed the fundamental possibility of creating new surgical bandaging materials on the basis of sphagnum with better performance characteristics in comparison with cotton-gauze bandaging materials.

Key words: antiseptics, bandaging material, trace elements, analysis.

Послеоперационная ежедневная перевязка ран создает неприятные процедуры, связанные с раздражением и травмированием регенерирующих тканей, в результате чего перевязка становится болезненной процедурой для больного. В связи с этим возникает необходимость поиска перевязочных материалов, обладающих антисептическими свойствами в течение долгого времени и способных поглощать раневые экссудаты в больших количествах. При наличии таких перевязочных материалов не требуется частая ежедневная их замена.

Целью работы является проверка возможности создания антисептических перевязочных материалов высокой поглотительной способности на отечественном сырье. В качестве основного вещества использован растительный материал сфагнум. Химические составы экс-

трактов сфагнума исследованы органическими растворителями, масс-спектрометрическим и ИК-спектрометрическими методами. При этом обнаружено наличие различных классов соединений, обладающих антисептическими свойствами. Изготовлены перевязочные материалы и испытаны на антисептическую активность к различным микроорганизмам. Вместе с тем отмечается, что при длительном (более 10 лет) хранении перевязочный материал не теряет свою антисептичность.

Опытные образцы для испытаний изготовлены иглопробивным способом с частотой пробивания 100–120 проколов на 1 см² в виде трехслойного полотна, верхний и нижний слои которого состоят из синтетического волокна, а средний слой содержит высушенный и измельченный до размеров 50–150 мкм сфагнум. В качестве ме-

тогда оценки антисептических свойств опытных перевязочных материалов использовался способ определения чувствительности микроорганизмов к антимикробным соединениям по степени задержки их роста. Определено относительное содержание микроэлементов в сфагнуме спектральным методом. При этом в сфагнуме обнаружены 23 микроэлемента, в том числе фосфор, кремний, алюминий, которые стимулируют рост и развитие тканей – костной, соединительной и эпителиальной, а также способствуют процессам восстановления и регенерации.

Материалы и методы

С целью выяснения наличия органических веществ, придающих антисептическую активность сфагнуму, произведена его экстракция толуолом ($C_6H_5-CH_3$), четыреххлористым углеродом (CCl_4), водой (H_2O), ацетоном (C_3H_6O) и этиловым спиртом (C_2H_6O) и произведены исследования состава этих экстрактов. Экстракцию проводили на аппарате Сокслета при температуре 80–100°C в течение 3-х часов. Соотношение сфагнума к растворителям составляло 1:20 г/г. Полученный экстракт фильтровали через бумажный фильтр и использовали для испытаний.

Идентификацию веществ, экстрагированных вышеперечисленными растворителями, проводили масс-спектрометрией в сочетании с газовой ионной хроматографией на хроматографе "МАЭСТРО GX 7820" [1, 2]. ИК-спектры снимали на ИК-Фурье спектрометре JASCO FT/IR-6800 [3].

Экстракт сфагнума получали на аппарате Сокслета. Соотношение сфагнума к растворителю равнялось 1:20 г/г. Экстрагировали при кипении растворителей в течение 3-х часов.

Фильтровали раствор через бумажный фильтр и исследовали масс-спектрометрией и ИК-спектрометрией на наличие органических веществ в исследуемых экстрактах сфагнума.

Далее проводили исследования на антимикробное действие чистого сфагнума и опытного перевязочного материала. Для этой цели были использованы методы, основанные на способности антибиотиков диффундировать в толщу микробной среды и задерживать рост или даже убивать микроорганизмы, находящиеся в зоне диффузии антисептика [4]. В качестве тест-объектов использовались микроорганизмы *Staphylococcus aureus*, *Actinomyces sp*, *Candida spp.*, *E.Coli* и *Bacillus cereus*.

Исследования проводили на образцах, изготовленных иглопробивным способом, состоящих из трех слоев – верхний и нижний слои из синтетического волокна, средний слой из измельченного сфагнума толщиной 4-5 мм [5].

Для определения влияния сфагнума на выбранный тест-объект были использованы следующие методы: метод штриховых посевов, диско-диффузионный метод и метод лунок. Данные по подавлению роста в присутствии сфагнума определены через двое суток при температуре 37.

Определение содержания микроэлементов в сфагнуме проводили, разделяя стебли на три участка, как показано на рисунке 1.

Наличие микроэлементов в сфагнуме и их относительное содержание определяли на рентгеновском многоканальном спектрофотометре СРМ-35.

Для спектральных исследований образцы в количестве 10 г постепенно нагревали в течение 30 минут до температуры 1100°C и прокаливали при этой температуре в муфельной печи в течение 30 минут. Полученную золу исследовали на наличие микроэлементов.

Результаты и обсуждение

Тонкая расшифровка масс-спектрограмм экстрактов сфагнума в толуоле, четыреххлористом углероде, этаноле и воде показала наличие в ощутимых количествах таких веществ, как этилбензол, бензилкарбинол, ацетофенон, фенолметанол, бензол, фенол, уксусная кислота, стирол и др. Эти вещества содержат в структуре молекул ароматические ядра или спиртовый гидроксил, которые придают сфагнуму антисептические свойства (таблица 1). Наличие небольших количеств углеводов, не являющихся антисептиками, в медицинской практике нами не рассматривалось.

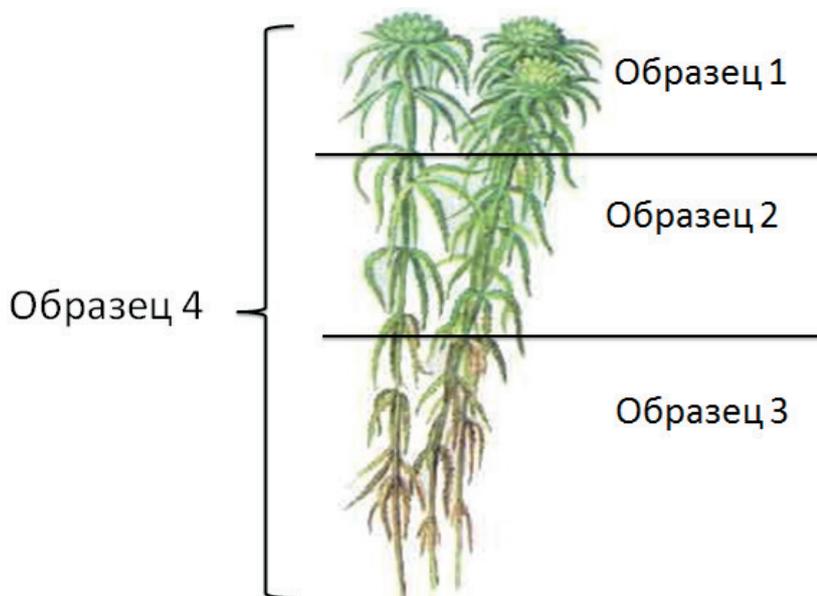


Рисунок 1 – Разделение стебля сфагнума для исследований на микроэлементы.

Результаты масс-спектропии экстрактов сфагнома в растворителях

Частота	Содержание веществ в растворителях, %				Компонент
	C ₆ H ₅ CH ₃	Cl ₄	H ₂ O	C ₂ H ₅ OH	
8,593	6,06	-	-	-	Этилбензол: C ₈ H ₁₀
13,282	0,30	-	-	-	Бензол, (1-метилбутил): C ₁₁ H ₁₆
617,904	0,46	-	-	-	Ацетофенон: C ₈ H ₈ O
18,392	5,32	-	-	-	Фенилметанол: C ₈ H ₁₀ O
9,708	-	0,29	-	-	Этилбензол: C ₈ H ₁₀
19,616	-	0,26	-	-	Фенилметанол: C ₈ H ₁₀ O
2,001	-	-	0,03	-	Фенол: C ₆ H ₆ O
2,208	-	-	0,02	-	Гликольальдегид димер: C ₄ H ₈ O ₄
2,302	-	-	0,06	-	Уксусная кислота: C ₂ H ₄ O ₂
2,843	-	-	0,02	-	Ацетилкарбинол: C ₃ H ₆ O ₂
1,941	-	-	-	7,49	1-пропанол: C ₃ H ₈ O
10,126	-	-	-	7,04	Стирол: C ₈ H ₈

Видно, что в экстрактах сфагнома содержатся соединения с ароматическими кольцами, являющиеся хорошими антисептиками в медицинской практике.

Для дополнительного выяснения химической структуры макромолекулярных объектов экстрактов сфагнома проводилась их ИК-спектроскопия [3] на спектрометре ФТ-801. Расшифровка частот представлена в таблице 2.

Таблица 2

Частоты ИК-спектра экстракта сфагнома в растворителях

Частота ν , см ⁻¹	Классы соединений в толуоле
1740,94	Предельные алифатические -CH ₂ -CHO, циклопентанон, альфа-галоген кислоты CHX-COOH, ангидриды карбоновых кислот -CO-O-CO- $\nu_{C=O}$
1581,26	Полиены, первичные амины NH ₂ , пиридины и хинолины, пиримидины и пурины
1516,20	Пиримидины и пурины, тиофены
1463,65	Нитрозамины R ₂ N-N=O, соединения бора BCH ₃ B-Ar
1160,27	Пропионаты, высшие эфиры, эфиры фосфорной кислоты (RO) ³ P ⁺ O ⁻
1106,86	Третичные спирты, эфиры ароматических кислот, производные тиокарбонильных соединений, бензольные соединения
1023,24	Ароматические и винильные =C-O-C-, алифатические амины, серосодержащие функциональные группы
722,78	Алканы, серосодержащие функциональные группы
	Классы соединений в CCl ₄
3306,80	Первичные амины R-NH ₂ , вторичные амины R ₂ N-H, соли аминов NH ₄ ⁺ , соединения бора BOH B-H-B
2922,63	Серосодержащие функциональные группы R-SO-OH
2643,25	Соединения бора, бораны R-BH ₂
1740,94	Предельные алифатические -CH ₂ -CHO, циклопентанон, альфа-галогенкислоты CHX-COOH, Ангидриды карбоновых кислот -CO-O-CO- $\nu_{C=O}$
1581,26	Полиены, первичные амины NH ₂ , пиридины и хинолины, пиримидины и пурины
1516,20	Пиримидины и пурины, тиофены

Частота ν , $см^{-1}$	Классы соединений в толуоле
1463,65	Нитрозамины $R_2N-N=O$, соединения бора BCH_3 , B-Ar
1160,27	Пропионаты, высшие эфиры, эфиры фосфорной кислоты $(RO)^3P^+ + O^-$
1106,86	Третичные спирты, эфиры ароматических кислот, галогенпроизводные органических соединений, производные тиокарбонильных соединений, фосфорорганические соединения
1023,24	Ароматические и винильные $=C-O-C-$, алифатические амины, серосодержащие функциональные группы
722,78	Алканы, серосодержащие функциональные группы

Полученные данные показали, что сфагнум содержит в своем составе широкий спектр различных классов соединений, проявляющих антисептические свойства к различным группам микроорганизмов. Это хлорорганические и ароматические соединения, фосфорорганические, первичные и вторичные аминсоединения, различные спирты. Данные ИК-спектров экстрактов сфагнума дают более широкий спектр качественного состава веществ в сравнении с масс-спектроскопией. Результаты исследований показывают возможность использования сфагнума в качестве антисептического компонента перевязочных материалов.

С использованием тонкоизмельченного до размеров 50–150 мкм сфагнума изготовили опытные образцы перевязочного материала и испытали на антисептическую активность к различным микроорганизмам. Действие опытных перевязочных материалов к различным микроорганизмам испытано различными методами: методом штриховых посевов, диско-диффузионным методом и методом лунок [4]. Результаты характеристик опытных образцов перевязочного материала представлены в таблице 3.

Таблица 3

Состав и физико-химические характеристики образцов

№№ опытов	Состав, % масс.		Поглотительная способность к воде, г/г	Плотность, г/см ³	Зольность, %
	синтетическое волокно	сфагнум			
1	-	100	16-18	1400	3,14
2	100	-	3-4	1800	4,1
3	35	65	17,1	1800	-
4	45	55	14,5	1840	-
5	50	50	14,0	1810	-
6	70	30	11,0	1740	-
7	85	15	5,2	1700	-
8	90	10	4,7	1600	-

Изготовленный материал представляет собой композит из синтетического волокна для формирования формы и сфагнума как основного антисептического компонента с высокой поглотительной способностью (таблица 3, опыты 1, 2). С увеличением содержания сфагнума закономерно увеличивается поглотительная его способность (опыты 3–8). Изготовленный перевязочный материал далее испытан на антисептическую активность, результаты представлены в таблице 4.

По данным таблицы 4, выявлено, что сфагнум при всех способах испытаний проявляет свою антисептическую активность. При этом метод штриховых посевов и диско-диффузионный ме-

тод более эффективны к штамму *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк) и *Astinomyces sp.* Подавление роста культур золотистого стафилококка составляет 45, 63,9 и 86,6 мм соответственно. Оценка антисептической активности образца к грибам рода *Candida spp.* показывает, что активность снижается в 2-3 раза.

Было интересным изучение способности антисептического действия изготовленного перевязочного материала в процессе длительного хранения и действия температуры. Результаты испытаний представлены в таблице 5. Антисептическая активность испытана по отношению к микроорганизмам *E.Coli* и *Bacillus cereus*.

Таблица 4

Оценка антисептической активности образцов перевязочного материала различным микроорганизмам

№ № опы- тов	Состав образцов, % масс.		Подавление роста микроорганизмов, мм								
	син- тетич. волок- но	сфаг- нум	<i>Staphylococcus aureus</i>			<i>Candida spp.</i>			<i>Astinomyces sp.</i>		
			метод штри- ховых посевов	диско- диф- фузи- онный метод	ме- тод лу- нок	метод штри- ховых посе- вов	диско- диф- фузи- онный метод	ме- тод лу- нок	метод штри- ховых посевов	дискодиф- фузион- ный метод	метод лунок
1	35	65	45,0	63,9	16,7	13,1	31,1	14,6	10,4	83,1	86,6
2	45	55	45,0	58,9	13,7	10,8	27,5	14,1	9,8	82,8	85,5
3	50	50	45,9	56,7	15,2	9,5	25,5	13,5	9,4	80,1	85,1
4	70	30	43,2	46,8	6,2	4,7	18	12,7	4,7	76,1	83,1
5	85	15	43,2	38,7	1,5	0,7	11,1	12,7	5,7	72,9	81,5
6	90	10	41,4	36,0	0,9	0,3	9,0	12,6	5,4	72,0	81,0

Таблица 5

Оценка антисептической активности образцов длительного хранения к *E.Coli* и *Bacillus cereus*

Исследуемый объект	Подавление роста микроорганизмов, мм	
	<i>E.Coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
Сфагнум (10-летней давности)	13	10
Перевязочный материал	15	14
Свежий сфагнум	15	15
Высушенный сфагнум*	12	7

* сушку производили при температуре 100-110°C в течение 3-х часов.

Согласно результатам исследований, выявлено, что чувствительность сфагнума с течением времени (более 10 лет) к штамму *E.Coli* не ослабевает. Сфагнум активен к этому штамму через нетканый материал так же, как и свежий мох. Что касается бактерий *Bacillus cereus*, то образцы после 10-летнего хранения проявляют незначительно меньшую антисептическую активность к этому штамму. Сушка сфагнума, вероятно, приводит к удалению некоторых низкокипящих и более летучих соединений и, как следствие, к снижению антисептической активности перевязочного материала почти в два раза (таблица 5).

Оценка наличия микроэлементов в сфагнуме показана в таблице 6.

По данным исследований, выявлено, что сфагнум содержит большое количество микроэлементов, которые способствуют заживлению ран. К таким элементам относятся фосфор, кремний, алюминий и др.

Выводы:

1. Исследования показали, что сфагнум содержит достаточное количество веществ, потенциально способных к антисептическим дей-

ствиям на различные условно патогенные микроорганизмы.

2. Показана возможность изготовления новых хирургических перевязочных материалов с антисептическими свойствами и с высокой поглотительной способностью на отечественном сырье.

3. Выяснено, что сфагнум содержит большое количество микроэлементов, среди которых имеются фосфор, кремний, алюминий, способствующие ускорению регенерации свежих тканей в ранах.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы:

1. Ключев Н.А., Бродский Е.С. Современные методы масс-спектрометрического анализа органических соединений. *Российский химический журнал*. 2002; 46(4): 57–63.
2. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. *Методы исследования структуры и свойств полимеров*. Казань, 2002: 604.
3. Васильев А.В., Гриненко Е.В., Шукин А.О. *Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений*. СПб., 2007: 54.

Результаты рентгеноспектрального метода анализа сфагнома (по рисунку 1)

Образцы металлов	Относительное содержание металлов, %			
	верхняя часть	средняя часть	нижняя часть	весь стебель
Mg	5,84	5,80	5,70	5,90
Al	3,50	3,45	3,6	3,60
Si	29,99	18,23	3,23	19,0
P	2,30	3,07	5,28	4,50
S	2,11	3,07	4,19	6,40
Cl	0,55	3,36	2,59	3,30
K	13,29	40,13	68,34	30,0
Ca	15,11	17,86	10,04	14,0
Ti	0,91	0,47	0,16	0,50
V	0,02	0,009	0,007	
Cr	0,04	0,02	0,005	0,04
Mn	1,98	1,86	1,51	2,30
Fe	22,94	10,71	3,49	21,0
Ni	0,05	0,03	0,02	0,04
Cu	0,08	0,07	0,07	0,07
Zn	0,72	0,58	0,50	0,60
Ga	0,002	-	-	-
Se	-	-	0,001	-
Br	0,03	0,03	0,02	-
Rb	0,07	0,16	0,38	0,1
Sr	0,15	0,12	0,09	0,2
Ba	0,19	0,16	0,05	0,5
Pb	0,12	0,06	0,02	0,09

4. ГОСТ Р ИСО 20776-1-2010. Клинические лабораторные исследования и диагностические тест-системы *in vitro*. Исследование чувствительности инфекционных агентов и оценка функциональных характеристик изделий для исследования чувствительности к антимикробным средствам. Часть 1. Референтный метод лабораторного исследования активности антимикробных агентов против быстрорастущих аэробных бактерий, вызывающих инфекционные болезни. Введен 01.03.2012. М.: Стандартинформ, 2012: 23.

5. Мандрейкина А.А., Гараев И.Х., Мусин И.Н., Вдовина Т.В. Разработка нового антисептического хирургического перевязочного материала на основе сфагнома. *Вестник технологического университета*. 2017; 20(23): 107-110.

Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Гараев Ильгиз Хазиевич, д.т.н., доцент, заведующий лабораторией кафедры медицинской инжене-

рии Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань. 420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68.

Тел.: (843) 2314336.

E-mail: office@kstu.ru

Информация об авторах

Мусин Ильдар Наилевич, к.т.н., заведующий кафедрой медицинской инженерии Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань.

420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68.

Тел.: (843) 2314383.

E-mail: ildarmusin@mail.ru

Зенитова Любовь Андреевна, д.т.н., профессор кафедры технологий синтетического каучука Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань.

420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 72.

Тел.: (843) 2314214.

E-mail: iptsk@kstu.ru