

*У.М.Амзеева^{1,2}, С.Х.Акназаров^{1,2}, О.Ю.Головченко^{1,2},
К.С.Бексейтова¹, А.М.Нуралы^{1,2}*

¹Научный производственно-технический центр «Жалын»,
г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

КАРБОНИЗОВАННЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ ПОРИСТЫЙ СОРБЕНТ С БАКТЕРИЦИДНЫМ ЗАЖИВЛЯЮЩИМ СВОЙСТВОМ

Аннотация. В последние десятилетие при лечении гнойных ран большие перспективы связывают с использованием различного рода медицинских сорбентов, местное применение которых привело к развитию целого направления – сорбционно-аппликационной терапии. При этом во внимание берутся сорбенты, которые оказывают активное воздействие на рану, либо за счет избирательной сорбции микрофлоры, либо за счет обеспечения активного оттока раневого отделяемого. К числу таких специфических сорбентов, относится ряд полимерных и неорганических материалов, в том числе, углеродные материалы различной структуры и формы. На сегодняшний день наноструктурированный углеродный материал используется в качестве основного компонента раневой адсорбирующей повязки. В работе представлены результаты измерений сорбционной способности и адгезивные свойства углеродных перевязочных материалов.

Ключевые слова: перевязочные материалы, карбонизованная рисовая шелуха, адгезивная способность, сорбционная способность, углеродные перевязочные материалы.

• • •

Түйіндеме. Соңғы онжылдықта іріңді жараларды емдеуде үлкен перспективалар әртүрлі медициналық сорбенттерді пайдаланумен байланыстырылады, оларды жергілікті қолданудың бүкіл бағыты – сорбциялық-аппликациялық терапияның дамуына алып келді. Бұл ретте жарақатқа белсенді әсер ететін сорбенттер немесе микрофлораның таңдаулы сорбциясы есебінен не жарадан бөлінетін сорбенттер назарға алынады. Мұндай ерекше сорбенттердің қатарына полимерлік және бейорганикалық материалдар, оның ішінде түрлі құрылым мен формадағы көміртегі материалдары жатады. Бүгінгі күні наноқұрылымды көміртекті материал жаралы адсорбциялаушы таңғыштардың негізгі компоненті ретінде пайдаланылады. Жұмыста көміртекті таңу материалдарының сорбциялық қабілеті мен адгезивті қасиеттері керсетілген.

Түйінді сөздер: таңу материалдары, карбонизацияланған күріш қауызы, жабысу қаюілеті, сорбциялық қабілеті, кеміртекті таңу материалдары.

• • •

Abstract. In the last decade, great prospects have been associated with the use of various kinds of medical sorbents in the treatment of purulent wounds. The the local application of which sorbents led to the development of a whole direction known as sorption-application therapy. Here, sorbents are taken into account, which have an active effect on the wound, either due to selective sorption of microflora, or by providing an active outflow of the wound discharge. These specific sorbents include a number of polymeric and inorganic materials, including carbon materials of various structures and shapes. At present, the nanostructured carbon material is used as the main component of the wound adsorbing bandage. The article outlines the results of sorption capacity and adhesive properties of carbon dressings.

Keywords: bandage materials, carbonized rice husk, the ability of the adhesive, carbon bandage materials.

Введение. В настоящее время активно развивается сорбционно-аппликационная терапия, предназначенная для местного лечения гнойных ран в первой фазе раневого процесса. Реализация этого метода основана на использование для лечения ран сорбентов медицинского назначения, обеспечивающих очищение ран путем активного механизма физической сорбции, в частности, необратимого оттока раневого отделяемого со дна раны за счет капиллярного дренирования, а также за счет необратимой сорбции микрофлоры [1,2].

Актуальность проблемы местной медикаментозной терапии гнойных ран обусловлена низкой эффективностью традиционных средств лечения, на фоне появления возбудителей инфекций с множественной антибиотико-резистентностью и снижения сопротивляемости организма. Данный факт обуславливает необходимость создания и всестороннего изучения новых препаратов для местного лечения ран. В последние годы, благодаря интенсивным научным исследованиям, в медицинскую практику внедрены десятки новых средств и методов, обеспечивающих успех местного лечения ран различной этиологии [3,4].

Наиболее важным элементом в лечении ран является подбор перевязочных материалов, соответствующих фазам заживления, особо проблемными для лечения раны с обильным выделением жидкости, часто осложняющиеся вторичными процессами, токсическим поражением продуктами некроза тканей и, как следствие, неудовлетворительными результатами лечения. При определенных заболеваниях или травмах на коже человека возможны образования в виде ран, которые могут выделять различную жидкость. Современные перевязочные средства для местного лечения ран должны оказывать

комплексное и многонаправленное действие: обладать необходимым уровнем сорбционной способности, обеспечивать отток раневого содержимого, независимо от характера бактериальной обсемененности надежно и быстро подавлять и удалять с раневой поверхности микробные тела, а также продукты их жизнедеятельности. Поддержание оптимальной раневой среды абсолютно необходимо для нормального функционирования клеток и протекания восстановительных процессов. В различных фазах патологического процесса должны применяться, соответствующие задачам лечения, перевязочные материалы. Так, повязки, применяемые при лечении гнойно-воспалительных процессов, должны благодаря структуре своего материала обладать способностью поглощать и необратимо удерживать раневой экссудат, тем самым способствуя удалению микроорганизмов, токсинов и продуктов тканевого распада, а также стимулировать процессы отторжения омертвевших тканей. Задачей повязок при лечении «чистых» заживающих ран является надежная защита от механических повреждений и вторичной контаминации, стимуляция процессов заживления. [5-7].

Для того чтобы, предотвратить дальнейшее инфекционное развитие ран требуется перевязочный материал, обладающий заживляющими свойствами. Более эффективным лечебно-профилактическим средством оказалась серия углеродных сорбентов, обеспечивающих очищение ран за счет избирательной сорбции токсинов, белков и микроорганизмов (аппликационные тканевые формы, порошкообразные, нетканые). Поэтому в последнее время особую актуальность приобретает потребность в высокоэффективных сорбентах, характеризующихся не только высокой селективностью, скоростью, сорбционной емкостью и полнотой извлечения веществ из различных сред, но также и одновременной бактерицидно-заживляющей обработкой, например, для обезораживания открытых ран, дезинфекции в качестве медицинских сорбентов [8,9].

В связи с этим, исследование процессов сорбции раневого отделяемого углеродными нанопористыми материалами с высоким заживляющим эффектом представляет собой несомненный интерес для лечения ран и ожогов.

Постулат о необходимости удаления раневого экссудата явился отправной точкой для создания большого количества повязок, обладающих выраженными абсорбционными свойствами. Технология изготовления такого рода повязок зачастую весьма сложная. Нередко при создании сложных композиций используются разнообразные технические решения и материалы, в связи, с чем сложно отнести его к тому или иному типу, они одновременно относятся к разным классам препаратов для местного лечения ран.

Цель исследования: изучение поглотительной, сорбционной способностей и адгезивных свойств раневых абсорбирующих углеродных нанопористых материалов с заживляющим эффектом.

Материал и методы исследований.

В работе в качестве углеродного пористого материала использовали карбонизованный сорбент, полученный методом высокотемпературной карбонизации рисовой шелухи.

Выбор рисовой шелухи обусловлен тем, что в состав данного сырья входит целлюлоза, лигнин и минеральная зола, состоящая на 92-97% из диоксида кремния, представляющие из себя полезные вещества для организма человека. Сырье из рисовой шелухи относится к быстро возобновляемым источникам и является экологически чистым.

Адсорбционная активность по метиленовому синему производится согласно ГОСТ 4483-74 [10] (рисунок 1). Для проведения анализа готовят раствор индикатора массовой концентрации 1,5 г/л. Пробу углеродного сорбента высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы. Для этого навеску сорбента массой 0,30 г помещают в коническую колбу емкостью 100 см³, добавляют 25 мл раствора красителя, затем закрывают пробкой и взбалтывают в течение 20 мин.

Затем суспензию переносят в пробирки для центрифугирования и центрифугируют в течение 15 мин. и отбирают 1 мл раствора пипеткой. Раствор помещают в коническую колбу вместимостью 100 мл. Раствор в колбе разбавляют дистиллированной водой до метки. После этого определяют оптическую плотность на фотозлектроколориметре в кюветах, с расстоянием между рабочими гранями 10 мм. В качестве контрольного раствора использовали дистиллированную воду. По полученным оптическим плотностям на основании градуировочного графика определяют остаточную концентрацию красителя (Рисунок 2).

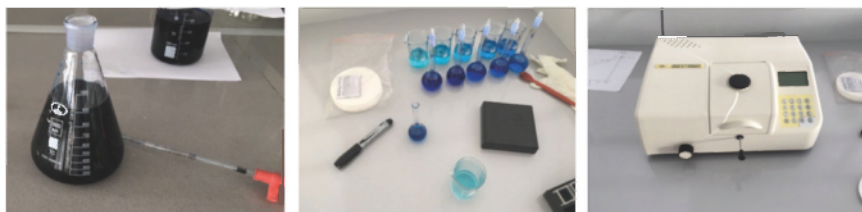
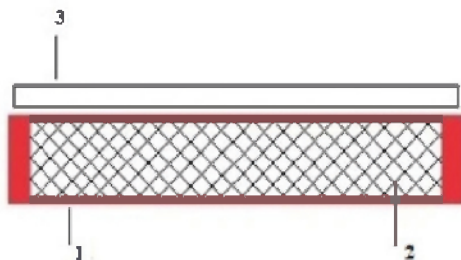


Рисунок 1 - Определение адсорбционной способности по ГОСТ 4453-74

Адгезивная способность перевязочных материалов исследуется на специальном приборе. В ячейку из оргстекла с рабочей поверхно-

стью 3x110 мм помещается пластина из оргстекла толщиной 1 мм. Вокруг нее обертывается в три слоя медицинская марля. В ячейку наливается 5 мл модельной жидкости (цельная кровь, плазма, раствор альбумина и др.) и добавляется 1 мл 2%-ного раствора тромбина. Через 1 мин. на поверхность пластинки накладывается испытуемая повязка. Ячейка с образцом помещается в термостат при 37°C на 24 ч. (рисунок 2).



1 – цельная кровь с добавлением 1 мл 2%-ного раствора тромбина; 2 – медицинская марля; 3 – испытуемая повязка

Рисунок 2 – Общая схема эксперимента по изучению адгезивных способностей перевязочных материалов по Ю.К. Абаеву

Раздир осуществляется под углом 90° к поверхности испытуемого материала. От поверхностей энергии на границе раздела перевязочный материал – среда судят по величине угла смачивания средней поверхности материала. Для этого на поверхность исследуемого перевязочного материала наносят каплю жидкости и быстро измеряют угол, образующийся между касательной в основании капли и поверхностью материала. Это осуществляют с помощью горизонтального микроскопа. При этом погрешность измерения не превышает +1°.

Результаты и обсуждения. Был определен оптимальный состав абсорбирующего углеродного материала. Известно, что соотношение между поглотительной и абсорбционной способностями напрямую зависит от структуры и свойства материала. Для классических перевязочных средств (марля, вискоза) характерны близкие по значению сравнительно невысокие показатели абсорбционной способности ($50,4 \pm 0,5$; $66,7 \pm 0,5\%$, соответственно). Центрифугирование после поглощения цельной крови этими перевязочными средствами уменьшило первоначальный привес марля в 21,3, а вискозы в 24,7 раза.

Материалы, обладающие высокой удельной поверхностью и способные к физико-химическому связыванию раневого экссудата,

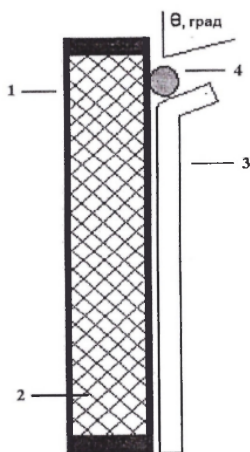
отличаются практически необратимой адсорбцией. Адсорбционная способность перевязочных материалов на основе активированного и деминерализованного углеродного сорбента максимальна и составляет 240,1-775,4%. Центрифугирование после поглощения цельной крови этими перевязочными средствами уменьшило первоначальный привес в 3,1-7,9 раза (Таблица 1).

Таблица 1 – Сорбционная способность углеродных перевязочных материалов

Углеродные перевязочные материалы	Поглотительная способность, %	Сорбционная способность, %	Соотношение поглотительной и сорбционной способностей
Марля	1072,5±17,7	50,4±0,5	21,3
Марлевая повязка на основе углеродного материала	1216,6±19,0	82,2±0,5	14,8
Марлевая повязка на основе активированного углеродного материала	1896,3±21,8	240,1±0,5	7,9
Марлевая повязка на основе деминерализованного углеродного материала	2113,4±28,4	377,4±0,5	5,6
Вискоза	1648,3±12,3	66,7±0,5	24,7
Вискозная повязка на основе углеродного материала	1576,5±15,9	141,6±0,5	11,2
Вискозная повязка на основе активированного углеродного материала	1967,3±18,4	351,3±0,5	5,6
Вискозная повязка на основе деминерализованного углеродного материала	2403,6±21,7	775,4±0,5	3,1

Таким образом, экспериментально выявлено, что полученные повязки на основе углерода обладают достаточно высокими адсорбционными, поглощательными и более низкими адгезивными свойствами.

Адгезионные свойства повязок определяют их способность фиксироваться на ране. Адгезионная способность перевязочных материалов исследуется на специальном устройстве (рисунок 3) в ячейку которого из оргстекла с рабочей поверхностью 3 x 110 мм помещается пластина из оргстекла толщиной 1 мм. Вокруг нее обертывается в три слоя медицинская марля. В ячейку наливается 5 мл модельной жидкости (цельная кровь, плазма, раствор альбумина и др.) и добавляется 1 мл 2%-ного раствора тромбина. Через 1 мин на поверхности пластинки накладывается испытуемая повязка. Ячейка с образцом помещается в термостат при 37°C на 24 ч. Раздир осуществляется под углом 90°C к поверхности испытуемого материала.



- 1 – цельная кровь с добавлением 1 мл 2%-го раствора тромбина;
2 – медицинская марля; 3 – испытуемая повязка; 4 – капля цельной крови;
Θ – угол раздира испытуемой повязки к поверхности медицинской марли

Рисунок 3 – Схема эксперимента по изучению адгезивных способностей перевязочных материалов по Ю.К. Абаеву

Таблица 2 – Адгезивные свойства полученных углеродных перевязочных материалов

Углеродные перевязочные материалы	Величина угла, образующегося между средства с раневой поверхности (УЕ)
Марля	9±0,5
Марлевая повязка на основе углеродного материала	18±1,9
Марлевая повязка на основе активированного углеродного материала	17±2,1
Марлевая повязка на основе деминерализованного углеродного материала	19±2,1
Вискоза	33±3,2
Вискозная повязка на основе углеродного материала	34±3,2
Вискозная повязка на основе активированного углеродного материала	38±3,2
Вискозная повязка на основе деминерализованного углеродного материала	38±3,2

Из таблицы 2 видно, что минимальная величина угла, образующегося между касательной в основании капли и поверхностью материала составил у марли медицинской $9\pm 0,5^\circ$. Это объясняет, что у широко распространенной марли более высокие адгезивные свойства, чем других полученных перевязочных материалов. Экспериментально выявлено, что нанесение углерода на марлевые повязки обеспечивает уменьшение адгезивных свойств почти в 2 раза. Адгезивные свойства у вискозы и вискозной повязки на основе углерода значительно низкие, и составляют от 33 до $38\pm 3,2^\circ$.

Заключение. Выявлено, что высокотемпературная карбонизация и последующая активация и деминерализация растительного сырья приводит к повышению пористости и удельной поверхности полученного сорбента. Особенно значительное увеличение объема микропор наблюдается при активации и деминерализации, т.е. объем пор увеличивается почти 2 раза. Средний размер пор во всех об-

разцах составляют 1,72 нм. Удельная поверхность сорбентов составляет 125,1 – 142,6 м²/г, измельченных сорбентов – 198,3 – 202,7 м²/г и сорбентов после активации и деминерализации наблюдаются увеличение удельной поверхности – 223,4-243,7; 216,6-251,5 м²/г соответственно.

Высокая адсорбционная способность перевязочных материалов на основе углеродного сорбента объясняется не только чрезвычайно развитой поверхностью с большим количеством пор различного размера и способностью к химическому связыванию раневого отделяемого, но и возможностью удержания раневого экссудата химическими соединениями, благодаря включению рационально-способных функциональных групп.

В результате сравнительных исследований адгезивных свойств полученных перевязочных материалов, травмирующих раневую поверхность, установлено, что широко распространенная марля обладает максимальными адгезивными свойствами. Экспериментально выявлено, что нанесение углерода в марлевых повязках обеспечивает уменьшению адгезивных свойств почти в 2 раза. Адгезивные свойства у вискозы повязки и вискозной повязки на основе углерода низкие, и составляют от 33 до 38±3,2°.

Таким образом, экспериментально выявлено, что полученные углеродные материалы с заживляющим эффектом обладают определенными ранозаживляющими, достаточно высокими адсорбционными, поглощательными и более адгезивными свойствами.

Список литературы

- 1 Абаев Ю.К. Хирургическая повязка. – Минск: Беларусь, 2005. – 150 с.
- 2 Martinez B. Risk factors and prognostics of nosocomial infection surgical wounds in a general hospital // Rev. Esp. Quimioter. – 2000. – №3. – P. 281-285.
- 3 Аблайханова Н.Т., Бексейтова К.С., Досымбетова М.И., Амзеева У.М., Акназаров С.Х., Танирбергенова С.К. Научно-экспериментальное обоснование использования повязок «Емдік д□ке-2» в качестве лечебной повязки при лечении ожоговых ран // Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская. 2017. – № 3. – С. 53.
- 4 Акназаров С.Х., Аблайханова Н.Т., Танирбергенова С.К., Бексейтова К.С., Досымбетова М.И., Амзеева У.М. Эффективность лечебных повязок «Емдік д□ке-2» при лечении ожогов у экспериментальных животных // IV международные Фарабиевские чтения, Казахстан. – Алматы, 2017. – С. 85.
- 5 Патент на полезную модель 2390 РК, МПК А61F 13/00. Сорбционно-бактерицидная повязка / Мансуров З.А., Акназаров С.Х.,

Бийсенбаев М.А., Тулейбаева А.С., Нуралы А.М., Бексейтова К.С., Султанов Ф.Р., Кабенов Р.К. – Опубл. 16.10.2017, бюл. №19.

6 Селезнёв С.А. Травматическая болезнь и её осложнения. СПб: «Политехника», 2004. -414с.

7 Соколов В.А. Множественные и сочетанные травмы. М.: ГЭО-ТАР-Медиа, 2006.- 512с.

8 Адамян А.А., Лизанец М.Н., Добыш С.В. и др. Результаты лабораторного исследования порошкообразных медицинских сорбентов и перспективы их использования в хирургии // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. – 1991. – №7-8. – С. 37-41.

9 Шапошников Ю.Г., Шальнев А.Н., Булгаков В.Г. Использование углеродных тканевых сорбентов в сочетании с антиоксидантами в лечении ран // Межд. хирургический конгресс «Раны. Ожоги. Повязки». – Тель-Авив, 1998. – С. 53-55.

10 ГОСТ 4453-74 Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный Технические условия. – Введен 01.01.1976. – М., 1976. – 22 с.

Амзеева У.М., PhD докторант

Акназаров С.Х., доктор химических наук, профессор

Головченко О.Ю., кандидат химических наук, доцент

Бексейтова К.С., начальник отдела ИФП

Нуралы У.М., PhD докторант