

## Исследование эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств

О. А. Легонькова<sup>1</sup>, В. Г. Васильев<sup>2</sup>, Л. Ю. Асанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России; Россия, 117997, Москва, ул. Большая Серпуховская, 27;

<sup>2</sup>ФГБУ «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова» РАН; Россия, 119991, Москва, ул. Вавилова, 28

**Контакты:** Ольга Александровна Легонькова ospolimed@mail.ru

В настоящее время существует большое количество современных перевязочных средств в виде губок и пленок, изготовленных на основе различных полимеров. В практической работе врачам важно знать оптимальные конкретные значения ключевых эксплуатационных характеристик перевязочных средств, которые определяют комфорт и простоту в эксплуатации.

В качестве основных эксплуатационных характеристик нами были выбраны: сорбционная способность, которая определяет количество жидкости, поглощаемой единицей массы материала; модуль упругости, который является показателем эластичности материала; поверхностная и кажущаяся плотности материала; а также исследованы зависимости между данными эксплуатационными характеристиками.

Мы предложили дифференцировать материалы в соответствии с конкретными значениями степеней набухания, поскольку производители делают перевязочные средства для ран с различным количеством выделяемого экссудата без указания точных значений. Также мы изучили физико-механические свойства многослойных перевязочных средств, обращая внимание на параметры, определяющие эластичность материала.

Поэтому целью данной работы в целом является проведение сравнительных испытаний эксплуатационных свойств повязок отечественных и зарубежных производителей в целях оценки сорбционных и физико-механических свойств.

**Ключевые слова:** перевязочные средства, деформационно-прочностные характеристики, эксплуатационные свойства, полиуретан, целлюлоза, сорбционная емкость

DOI: 10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39

### Investigation of polymeric wound dressings' operational properties

O.A. Legon'kova<sup>1</sup>, V.G. Vasil'ev<sup>2</sup>, L. Yu. Asanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Ministry of Health of Russia; 27 Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, 117997, Russia

<sup>2</sup>A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds, Russian Academy of Sciences; 28 Vavilova St., Moscow, 119991, Russia

Nowadays there are a lot of contemporary wound dressings in the forms like foams and films made on the basis of different polymers. It's necessary to know optimal particular numeric values of wound dressings' key operational properties, which determine comfort and easy to use.

As the basic operational characteristics we have chosen for investigation such parameters as: swelling behavior, which indicates amount of liquid, swollen by the unit weight of the material; elastic modulus as a measure of material's elasticity; surface and apparent density of the material; relations among these characteristics.

We've offered to differentiate materials in accordance with particular values of swelling behavior, because manufactures range wound dressings for wounds with different amount of secreted exudate without specifying exact values.

Also physical and mechanical properties of multilayer wound dressings were investigated, paying attention to the elasticity of the material.

So, the target of the investigation as a whole was the comparison of wound dressings' operational properties from different manufactures to investigate swelling behavior, physical and mechanical properties.

**Key words:** wound dressing, deformation and strength characteristics, operational properties, polyurethane, cellulose, swelling behavior

#### Введение

Оценка эффективности современных перевязочных материалов является одним из направлений деятельности отдела перевязочных, шовных и полимерных материалов в хирургии Испытательного центра ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России. На сегодняшний день для управления раневым процессом имеется достаточный ас-

сортимент перевязочных средств, таких как гидроколлоидные повязки, пены, пленки, различающиеся по физическому строению, химическому составу, способам получения и предназначенные для ран с различным количеством отделяемого экссудата.

Эксплуатационные характеристики синтетических и природных перевязочных средств определяются функциональной активностью полимерной основы,



Рис. 1. Исследуемые образцы

правильным выбором лекарственного препарата и способом его иммобилизации в полимерную матрицу. При этом свойства полимерного матрикса не должны снижать биодоступность лекарственных препаратов, сорбционные и десорбционные свойства и механические характеристики, т. е. эксплуатационные свойства медицинского изделия в целом.

Целью данной работы является исследование эксплуатационных свойств некоторых перевязочных средств в форме губок и пленок, имеющих на российском рынке и отобранных произвольно. Исследовалась продукция фирм: Urgo (Urgoclean, Urgostart), Starmedix (foam dressing, silver foam dressing, oxidized carboxymethylcellulose, oxidized regenerated cellulose, alginate dressing, silver alginate dressing), Cellonex, Baymedix, Advancis medical (Advazorb, Advazorb Border, Eclipse), Smith&Nephew (Allevyn Life), Cureamedical (Curea P1, Curea P1 drain, Curea P2), Vancive (Benehold), ООО НПП «Наносинтез» (Hyamatrix), ОАО «Асфарма» (Биодеспол-1), ООО «НПЦ Амфион» (Виникрол-М), ОАО Лужский завод «Белкозин» (губка гемостатическая коллагеновая, Метуракол). Продукция дифференцируется производителями по назначению для ран с различным количеством выделяющегося экссудата: высоко-, средне-, низкоэкссудующих (рис. 1).

### Материалы и методы

В исследовании были использованы 20 наименований образцов перевязочных средств, указанных выше. Для статистической оценки результатов экспериментов проводили серию из 10 и более испытаний на каждом образце.

Поскольку целевых нормативных документов на современные перевязочные средства в форме губок и пленок в настоящий момент не существует, то отобранные образцы исследовали по регулирующим документам, используемым при процедуре регистрации медицинских изделий: ГОСТ 29104.1–91, ГОСТ 9412–93, ГОСТ 3913–72, ГОСТ 409–77, ГОСТ 15873–70, ГОСТ

24616–81, ГОСТ 26605–93, ГОСТ 29088–91, ГОСТ 29089–91, ГОСТ 2439–93, ГОСТ 14236–81 [1–11].

Эксплуатационные характеристики оценивались по:

- коэффициенту набухания (г/г; при  $t = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ), который вычисляли по формуле:

$$Q = (M_B - M_C) / M_C,$$

где  $M_B$  и  $M_C$  – массы влажной и сухой пробы соответственно;

- константе скорости набухания ( $\text{мин}^{-1}$ ), представляющей собой тангенс угла наклона прямой в координатах:  $\ln Q_m / (Q_m - Q) = K(t)$ ,

где  $Q$  – количество жидкости, поглощенное 1 г набухающего вещества за время  $t$ ;  $Q_m$  – максимальное количество поглощенной жидкости (предельное набухание) [12];

- поверхностной плотности ( $\rho_{\text{пов}}$ ), масса в граммах в  $1\text{ м}^2$  материала ( $\text{г}/\text{м}^2$ );

- величине кажущейся плотности (для пористых губок) ( $\rho_{\text{каж}}$ ), масса в граммах в  $1\text{ м}^3$  материала ( $\text{г}/\text{м}^3$ );

- модулю упругости, напряжению и относительной деформации при растяжении (МПа) – тангенс угла наклона зависимости напряжение/относительная деформация при растяжении, характеризует эластичность материала ( $E_{\text{раст}}$ );

- модулю упругости и напряжению при сжатии – тангенс угла наклона зависимости напряжение/относительная деформация при сжатии, характеризует эластичность материала ( $E_{\text{сжат}}$ ).

Величины отклонений получаемых значений при определении сорбционных и физико-механических свойств не превышают 10 % от среднего значения. Сжатие проводилось на 10 % при скорости движения зажима 30 мм/мин. При испытании образцов на растяжение скорость движения зажима составляла 50 мм/мин.

Краткая информация по исходным характеристикам представлена в табл. 1.

Таблица 1. Объекты испытаний, дифференцированные производителем по назначению

Торговая марка, плотность	Основа перевязочного средства
<b>Перевязочные средства для высокоэкссудующих ран</b>	
Starmedix Foam Dressing* $\rho_{\text{пов}} = 605,1 \pm 46,5\text{ г}/\text{м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1492,6 \pm 119,2\text{ г}/\text{м}^3$	Полиуретан, полиакрилат натрия
Starmedix Silver Foam Dressing $\rho_{\text{пов}} = 293,1 \pm 0,2\text{ г}/\text{м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1068,7 \pm 77,6\text{ г}/\text{м}^3$	Полиуретан + серебро
Cellonex $\rho_{\text{пов}} = 314,6 \pm 10,6\text{ г}/\text{м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 700,8 \pm 72,3\text{ г}/\text{м}^3$	Регенерированная целлюлоза и хлопковое волокно

Продолжение табл. 1

Окончание табл. 1

Торговая марка, плотность	Основа перевязочного средства
Baymedix $\rho_{\text{пов}} = 417,8 \pm 14,2 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1753,4 \pm 36,3 \text{ г/м}^3$	Полиуретан
Виникрол-М $\rho_{\text{пов}} = 669,1 \pm 77,4 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1115,1 \pm 129,0 \text{ г/м}^3$	Поливиниловый спирт
Eclipse 1 – $\rho_{\text{пов}} = 85,1 \pm 4,1 \text{ г/м}^2$ ; 2 – $\rho_{\text{пов}} = 56,8 \pm 3,8 \text{ г/м}^2$ ; 3 – $\rho_{\text{пов}} = 206,9 \pm 22,5 \text{ г/м}^2$ ; 4 – $\rho_{\text{пов}} = 86,5 \pm 11,9 \text{ г/м}^2$	Многослойное покрытие на основе целлюлозы
Allevyn life 3 – $\rho_{\text{пов}} = 737,3 \pm 107,5 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 3686,4 \pm 537,4 \text{ г/м}^3$ ; 4 – $\rho_{\text{пов}} = 484,1 \pm 14,9 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1613,6 \pm 49,4 \text{ г/м}^3$	Дышащая пленка/защитный слой/супервпитывающий слой/пористая губка/силиконовый слой
Curea P1/Curea P1 drain $\rho_{\text{пов}} = 481,2 \pm 26,6 \text{ г/м}^2$	Эпоксидная смола, целлюлоза
Губка гемостатическая коллагеновая Белкозин $\rho_{\text{каж}} = 1264 \pm 65 \text{ г/м}^3$	Коллаген
Метуракол $\rho_{\text{каж}} = 1137,1 \pm 180,7 \text{ г/м}^3$	Коллаген

**Перевязочные средства для среднеэкссудующих ран**

Urgostart $\rho_{\text{пов}} = 645,3 \pm 41,4 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1411,4 \pm 7,8 \text{ г/м}^3$	Полиуретан с силиконовым контактным слоем
Advazorb $\rho_{\text{пов}} = 624,9 \pm 36,7 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 1315,1 \pm 60,5 \text{ г/м}^3$	Полиуретан
Advazorb Border $\rho_{\text{пов}} = 799,3 \pm 39,5 \text{ г/м}^2$ ; $\rho_{\text{каж}} = 3996,7 \pm 197,3 \text{ г/м}^3$	Полиуретан с силиконовым контактным слоем
Starmedix Alginate Dressing $\rho_{\text{пов}} = 152,4 \pm 6,3 \text{ г/м}^2$	Альгинат кальция
Starmedix Silver Alginate Dressing $\rho_{\text{пов}} = 150,25 \pm 10,9 \text{ г/м}^2$	Альгинат кальция + серебро
Curea P2 $\rho_{\text{пов}} = 473 \pm 50,9 \text{ г/м}^2$	Эпоксидная смола, целлюлоза
Urgoclean $\rho_{\text{пов}} = 373,0 \pm 15,2 \text{ г/м}^2$	Полиакрилат аммония с акриловой сердцевинной

**Перевязочные средства для низкоэкссудующих ран**

Starmedix Oxidized Carboxymethyl Cellulose $\rho_{\text{пов}} = 102,2 \pm 15,5 \text{ г/м}^2$	Окисленная карбоксиметил-целлюлоза
Starmedix Oxidized Regenerated Cellulose $\rho_{\text{пов}} = 232,6 \pm 25,5 \text{ г/м}^2$	Окисленная регенерированная целлюлоза

**Пленки**

Benehold (для слабо- и средне-экссудующих ран) $\rho_{\text{пов}} = 172,8 \pm 5,1 \text{ г/м}^2$	Полиуретан с акриловым контактным слоем
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Торговая марка, плотность	Основа перевязочного средства
Биодеспол-1 (для лечения ожогов II–IIIА степени) 1 – $\rho_{\text{пов}} = 62,5 \pm 2,7 \text{ г/м}^2$ ; 2 – $\rho_{\text{пов}} = 124,5 \pm 3,4 \text{ г/м}^2$	Сополимер лактида с гликолидом
Huamatrix (для восстановления дефектов кожных покровов) $\rho_{\text{пов}} = 62,4 \pm 1,9 \text{ г/м}^2$	Гиалуроновая кислота

\*Значения кажущейся плотности приведены только для пористых образцов.

**Результаты и обсуждение**

Результаты по исследованию сорбционных свойств образцов приведены в табл. 2 и на рис. 2–5.

Таблица 2. Значения степени и констант скорости набухания исследуемых образцов медицинских изделий

Марка	Равновесные значения степени набухания, г/г	Константа скорости набухания, мин <sup>-1</sup>
<b>Перевязочные средства для высокоэкссудующих ран</b>		
Starmedix Foam Dressing	13,7 ± 0,3	0,083
Starmedix Silver Foam Dressing	15,1 ± 0,5	0,073
Cellonex	16,1 ± 1,2	0,052
Baymedix	17,4 ± 0,6	0,068
Виникрол-М	16,9 ± 0,6	0,065
Allevyn Life	16,1 ± 0,8	0,081
Curea P1/Curea P1 drain	41,8 ± 2,6	0,1
Eclipse	53,7 ± 4,1	0,047
Губка гемостатическая коллагеновая Белкозин	52,3 ± 1,4	0,087
Метуракол	8,2 ± 0,2	0,085
<b>Перевязочные средства для среднеэкссудующих ран</b>		
Urgostart	11,2 ± 0,4	0,067
Advazorb	14,5 ± 0,6	0,08
Advazorb Border	4,4 ± 0,4	0,063
Curea P2	38,8 ± 2,6	0,076
Starmedix Alginate Dressing	10,7 ± 0,6	0,17
Starmedix Silver Alginate Dressing	13,2 ± 1,4	0,11

Окончание табл. 2

Марка	Равновесные значения степени набухания, г/г	Константа скорости набухания, мин <sup>-1</sup>
Urgoclean	8,5 ± 0,2	0,054
<b>Перевязочные средства для низкоэкссудующих ран</b>		
Starmedix Oxidized Regenerated Cellulose	5,6 ± 0,7	0,051
Starmedix Oxidized Carboxymethyl Cellulose	11,0 ± 0,6	0,13
<b>Пленки</b>		
Benehold	6,2 ± 0,6	0,028
Hyamatrix	7,2 ± 1,2	0,051
Биодеспол-1	3,9 ± 0,3	0,062

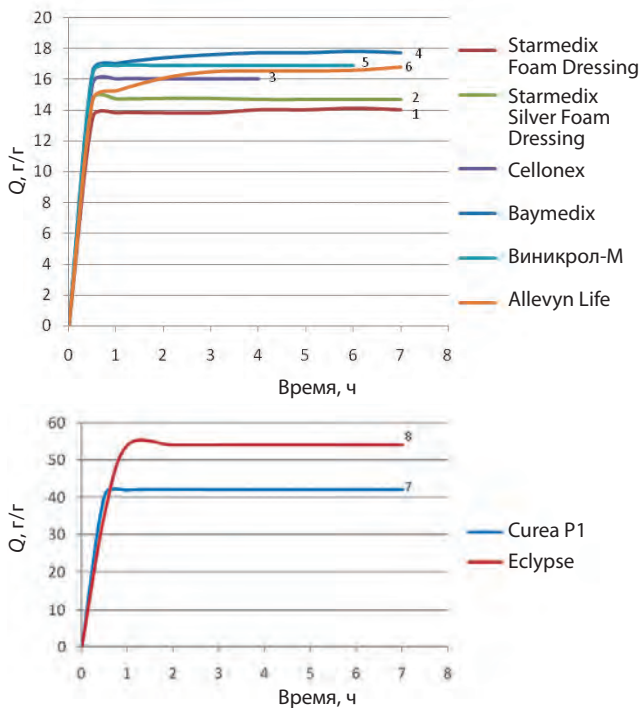


Рис. 2. Кривые набухания перевязочных средств для высокоэкссудующих ран

Значения степеней набухания большинства перевязочных средств для высокоэкссудующих ран лежат в интервале от  $13,7 \pm 0,3$  до  $17,4 \pm 0,6$  г/г или выше 40 г/г (следует отметить, что эти образцы получены на основе природных полимеров). Даже в случае наличия лимитирующего с точки зрения набухания слоя, например из эпоксидной смолы или силикона, значения степени набухания велики.

У перевязочных средств для среднеэкссудующих ран значения степеней набухания находятся в интер-

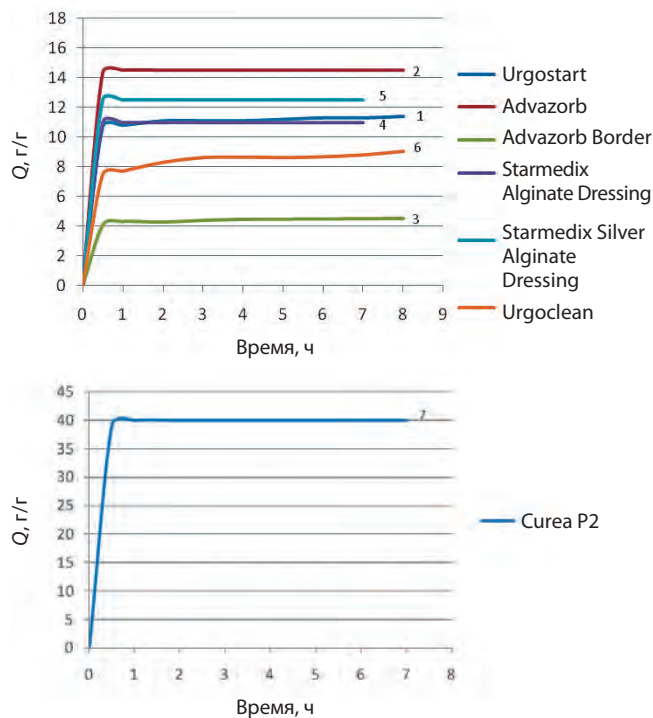


Рис. 3. Кривые набухания перевязочных средств для среднеэкссудующих ран

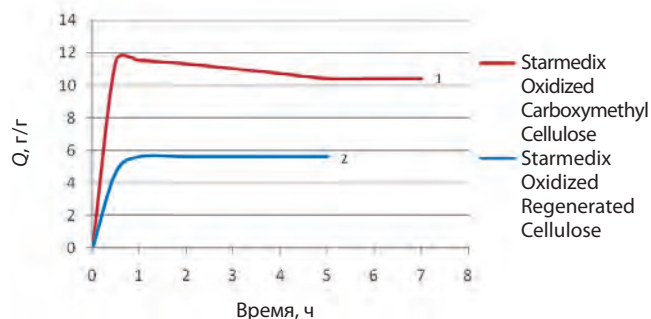


Рис. 4. Кривые набухания перевязочных средств для низкоэкссудующих ран

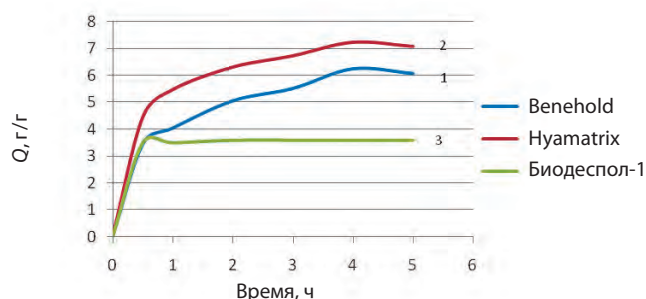


Рис. 5. Кривые набухания пленок

вале от  $8,5 \pm 0,2$  до  $14,5 \pm 0,6$  г/г. В случае образца Advazorb Border ( $Q = 4,4 \pm 0,4$  г/г) силиконовый контактный слой снижает поглощающую способность, что переводит образец в группу губок для низкоэкссудующих ран и пленок.

Выделяются образцы Eclipse, Curea P1, Curea P2 (равновесные значения степеней набухания:  $53,7 \pm 4,1$ ;  $41,8 \pm 2,6$  и  $38,8 \pm 2,6$  г/г соответственно), изготовленные из целлюлозы.

В группе перевязочных средств для низкоэкссудующих ран значения степеней набухания находятся в интервале от  $5,6 \pm 0,7$  до  $11,0 \pm 0,6$  г/г.

В группе пленок значения степеней набухания находятся в пределах от  $3,9 \pm 0,3$  до  $7,2 \pm 1,2$  г/г.

Таким образом, интервалы значений степеней набухания перевязочных средств в форме губок для высоко- и среднеэкссудующих ран перекрываются. Можно предположить, что величины степени набухания перевязочных средств для высокоэкссудующих ран должны начинаться со значения 14 г/г, для среднеэкссудующих – находиться в пределах от 8 до 14 г/г, для низкоэкссудующих – ниже 8 г/г.

Поэтому деление, рекомендованное производителем, является весьма условным. Например, образец марки Urgoclean рекомендован производителем для высокоэкссудующих ран, в то время как его степень набухания составляет  $8,5 \pm 0,2$  г/г.

По значениям кинетики степени набухания, полученным экспериментальным путем, были вычислены константы скорости набухания. У перевязочных средств в форме губок для высокоэкссудующих ран значения констант находятся в интервале от  $0,047$  до  $0,1$  мин<sup>-1</sup>, среднеэкссудующих – от  $0,054$  до  $0,17$  мин<sup>-1</sup>, низкоэкссудующих – от  $0,051$  до  $0,013$  мин<sup>-1</sup>, у пленок – от  $0,028$  до  $0,062$  мин<sup>-1</sup>. Однако интересно отметить, что губки на основе полиуретана разных производителей имеют примерно одинаковые скорости набухания, в интервале от  $0,06$  до  $0,08$  мин<sup>-1</sup>.

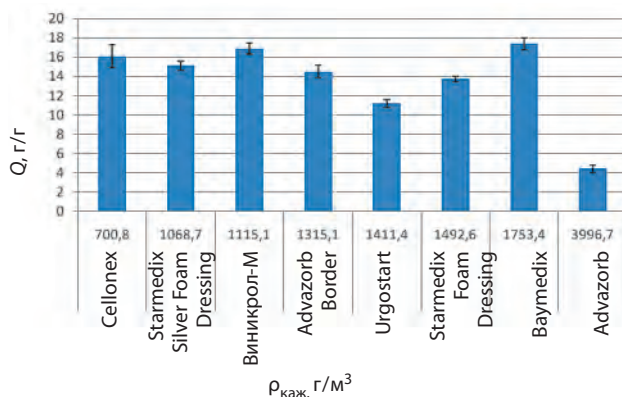


Рис. 6. Гистограмма распределения равновесных значений степеней набухания губок по возрастанию кажущейся плотности

Несмотря на то что скорости набухания губок значительно различаются, в основном все образцы за 0,5–1,5 ч достигают равновесного набухания. Пленки ведут себя несколько иначе: равновесное набухание наблюдается через 4 ч. В рамках данной работы мы не изучали процессы миграции лекарственных препаратов из различных полимерных матриц в условиях завершённого сорбционного процесса, когда скорость диффузии последних значительно затруднена.

Следует отметить, что зависимости между кажущейся плотностью и равновесными значениями степеней набухания выявлено не было (рис. 6).

Следующим этапом работы было изучение физико-механических свойств перевязочных средств в сухом и набухом состоянии губок и пленок при различных условиях деформирования (растяжение и сжатие), для того чтобы исследовать изменения свойств материалов. Данные приведены в табл. 3–5.

Таблица 3. Изменение физико-механических свойств губок при испытании на растяжение

Марка	Сухие образцы			Набухшие образцы		
	$\sigma_{раст}, МПа$	$\epsilon, \%$	$E_{раст}, МПа$	$\sigma_{раст}, МПа$	$\epsilon, \%$	$E_{раст}, МПа$
Cellonex	$0,1 \pm 0,01$	$5,7 \pm 1,2$	$3,7 \pm 0,1$	$0,024 \pm 0,003$	$2,3 \pm 0,2$	$0,02 \pm 0,007$
Starmedix Foam Dressing	$0,4 \pm 0,08$	$558,7 \pm 65,0$	$0,2 \pm 0,04$	$0,14 \pm 0,03$	$154,0 \pm 1,2$	$0,08 \pm 0,01$
Baymedix	$0,1 \pm 0,01$	$78,7 \pm 10,4$	$0,1 \pm 0,01$	Образец разрушается		
Urgostart	$0,29 \pm 0,02$	$393,9 \pm 19,1$	$0,34 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,026$	$238,9 \pm 42,7$	$0,096 \pm 0,021$
Starmedix Silver Foam Dressing	$0,32 \pm 0,032$	$450,0 \pm 16,3$	$0,09 \pm 0,008$	$0,095 \pm 0,012$	$76,8 \pm 0,3$	$0,04 \pm 0,002$
Advazorb	$0,26 \pm 0,04$	$433,8 \pm 75,0$	$0,15 \pm 0,08$	$0,057 \pm 0,0057$	$120,7 \pm 12,9$	$0,06 \pm 0,005$
Urgoclean	$0,35 \pm 0,034$	$37,7 \pm 7,5$	$2,3 \pm 0,3$	Образует гель		
Curea P2	$1,0 \pm 0,1$	$47,7 \pm 6,8$	$6,1 \pm 0,9$	Образует гель		
Curea P1	$0,8 \pm 0,05$	$32,5 \pm 3,5$	$5,3 \pm 0,5$	Образует гель		

Таблица 4. Физико-химические свойства губок при сжатии

Марка	$\sigma_{сжат}$ , МПа	$E_{сжат}$ , МПа
Cellonex	0,03 ± 0,002	0,13 ± 0,04
Starmedix Foam Dressing	0,003 ± 0,0002	0,02 ± 0,004
Baymedix	0,005 ± 0,0004	0,05 ± 0,006
Urgostart	0,002 ± 0,0008	0,013 ± 0,0001
Starmedix Silver Foam Dressing	0,005 ± 0,001	0,038 ± 0,006
Виникрол-М	0,1 ± 0,07	0,8 ± 0,009
Advazorb	0,002 ± 0,0002	0,01 ± 0,002

В качестве критерия атравматичности перевязочных средств был использован модуль упругости ( $E$ , МПа) в качестве меры эластичности материала [13], которая является ключевым параметром, определяющим его комфорт для пациента при эксплуатации.

Из проведенной серии опытов по изменению физико-механических свойств видно, что набухшие губки теряют прочностные свойства, а исследованные пленки практически не меняют свои показатели во влажном состоянии. Наилучшими механическими свойствами в данном исследовании обладают пленки из полиуретана с акриловым контактным слоем Venehold.

Модули упругости на сжатие по сравнению с модулями упругости на растяжение у образцов полиуретановых губок без верхнего пленочного покрытия (Baymedix, Starmedix Silver Foam Dressing) уменьшаются в 2,2 раза. У образцов же с пленочным покрытием различие составило: Starmedix Foam Dressing – в 10 раз, Urgostart – в 26 раз, Advazorb – в 15 раз. Такое увеличение как раз и объясняется влиянием пленочного покрытия на прочность образцов.

Несмотря на то что модуль упругости губок снижается с увеличением степени набухания (рис. 7), что связано с пластифицирующим эффектом сорби-

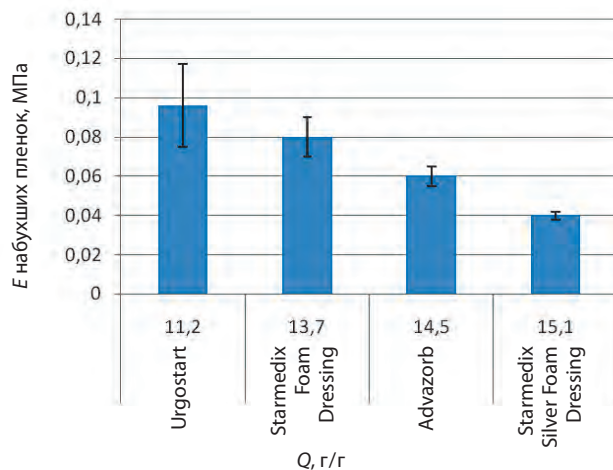


Рис. 7. Зависимость модуля упругости на растяжение образцов в набухом состоянии от величины степени набухания (на примере полиуретановых губок)

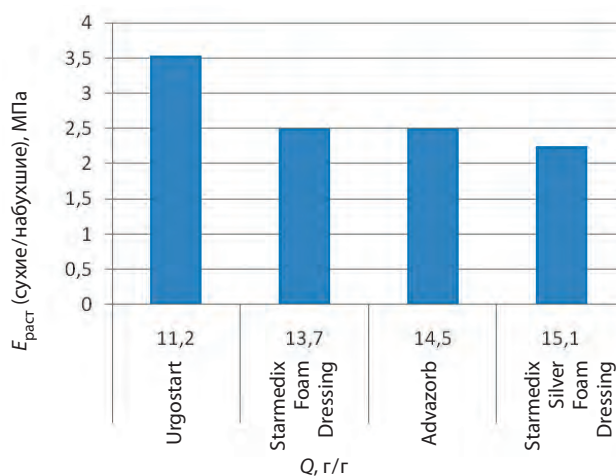


Рис. 8. Зависимость отношения модулей упругости в сухом и набухом состоянии образцов от величины степени набухания (на примере полиуретановых губок)

руемой жидкости, отношение модулей упругости в сухом и набухом состоянии остается практически неизменным (рис. 8).

В случае монослойных материалов чем ниже модуль упругости, тем более мягким и эластичным явля-

Таблица 5. Изменения физико-химических свойств пленок при растяжении

Марка	Сухие образцы			Набухшие образцы		
	$\sigma_{расч}$ , МПа	$\epsilon$ , %	$E_{расч}$ , МПа	$\sigma_{расч}$ , МПа	$\epsilon$ , %	$E_{расч}$ , МПа
Нуамартих	10,1 ± 2,3	3,3 ± 1,6	335,0 ± 106,2	0,9 ± 0,2	6,3 ± 3,1	1,9 ± 0,8
Биодеспол-1 (1)	62,8 ± 6,4	4,5 ± 0,5	2666,7 ± 400	22,8 ± 9,5	6,4 ± 2,3	400,6 ± 53,7
Биодеспол-1 (2)	27,0 ± 3,7	4,1 ± 0,3	855,6 ± 361,0	Образец скользит		
Venehold	11,0 ± 1,5	1056,7 ± 55,0	3,4 ± 0,1	5,6 ± 2,1	932,9 ± 266,2	3,3 ± 0,6

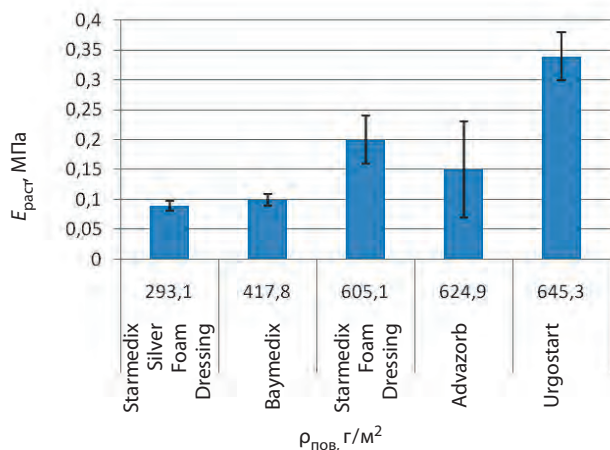


Рис. 9. Гистограмма распределения модулей упругости на растяжение в зависимости от поверхностной плотности на примере полиуретановых губок (последние три образца имеют покрытие в виде пленки)

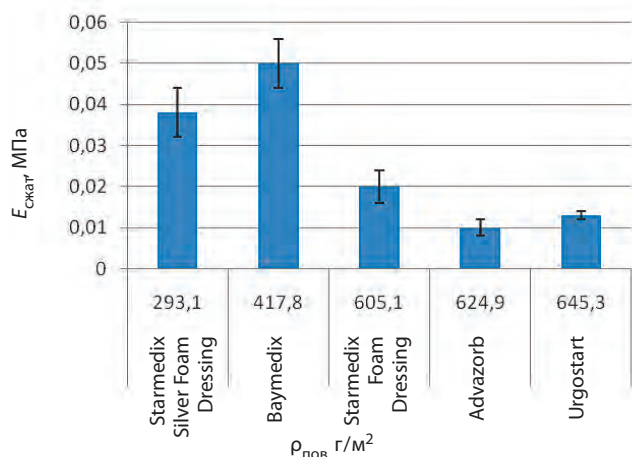


Рис. 10. Гистограмма распределения модулей упругости на сжатие в зависимости от поверхностной плотности на примере полиуретановых губок (последние три образца имеют покрытие в виде пленки)

ется сам материал. В случае многослойных материалов (в нашем варианте — для губок) при испытаниях на растяжение модуль упругости определяется наиболее эластичным слоем многослойной структуры губок (дополнительный силиконовый и/или полиуретановый пленочный слой), при испытаниях на сжатие — пористой составляющей многослойного материала, что и подтвердилось в результате проведенных испытаний (рис. 9, 10).

### Заключение

В работе изучены эксплуатационные свойства (водопоглощение (набухаемость) и механические свой-

ства) перевязочных средств из индивидуальных и многослойных материалов, выпущенных несколькими производителями и предназначенных для ран с различной степенью экссудации. Следует отметить, что деление производителем перевязочных средств по применению для ран с различным количеством выделяемого экссудата является весьма условным. В результате проведенного исследования вычислено, что величина степени набухания перевязочных средств для высокоэкссудующих ран должна начинаться со значения 14 г/г, для среднеэкссудующих — находиться в пределах от 8 до 14 г/г, для низкоэкссудующих — менее 8 г/г.

Степень и константа скорости набухания слабо зависят от назначения повязок, но определяются типом материала.

Степень набухания не зависит от поверхностной и кажущейся плотности в отличие от механических характеристик.

Наиболее устойчивыми к разрывным нагрузкам являются образцы губок и пленок из полиуретана (в набухом и сухом состоянии), а также многослойные перевязочные средства (с силиконовым слоем и/или верхним покрытием в виде пленки). Механические свойства покрытий зависят от поверхностной и кажущейся плотностей пористых покрытий.

Модуль упругости и деформационно-прочностные характеристики многослойных материалов зависят от режима приложения нагрузки (растяжение или сжатие). Механические свойства комбинированных (многослойных) материалов определяются полимерным покрытием при растяжении, при сжатии свойства пористой губки будут определяющими.

Величина модуля упругости служит дополнительным критерием к техническим испытаниям в целях регистрации перевязочных средств, которая определяет эксплуатационные характеристики материалов при различных типах приложения нагрузки.

В связи с тем, что целевые стандарты на современные перевязочные средства в форме губок и пленок в настоящее время отсутствуют, необходимость в их разработке становится очевидной и актуальной. А пока, к сожалению, приходится полагаться на опыт клинической практики или обращаться в аккредитованные лаборатории для исследования эксплуатационных свойств перевязочных средств, закупленных в конкретное лечебно-профилактическое учреждение.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. ГОСТ 29104.1–91. Ткани технические. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. [GOST 29104.1–91. Technical tissues. Methods of determination of linear sizes, linear and surface densities. (In Russ.)].
2. ГОСТ 9412–93. Марля медицинская. Общие технические условия. [GOST 9412–93. Medical gauze. General technical conditions. (In Russ.)].
3. ГОСТ 3913–72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. [GOST 3913–72. Textile materials. Textile fabrics and piece goods. Methods of determination of tearing features at stretching. (In Russ.)].
4. ГОСТ 409–77. Пластмассы ячеистые и резины губчатые. Метод определения кажущейся плотности. [GOST 409–77. Cellular plastics and foam rubbers. Method of apparent density determination. (In Russ.)].
5. ГОСТ 15873–70. Пластмассы ячеистые эластичные. Метод испытания на растяжение. [GOST 15873–70. Cellular elastic plastics. Stretching test method. (In Russ.)].
6. ГОСТ 24616–81. Пластмассы ячеистые эластичные и пенорезины. Метод определения твердости. [GOST 24616–81. Cellular elastic plastics and foam resins. Hardness test. (In Russ.)].
7. ГОСТ 26605–93. Полимерные эластичные ячеистые материалы. Определение зависимости напряжение-деформация при сжатии и напряжения сжатия. [GOST 26605–93. Polymer elastic cellular materials. Determination of the tension-deformation dependence at compression and of the compression tension. (In Russ.)].
8. ГОСТ 29088–91. Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение условной прочности и относительного удлинения при разрыве. [GOST 29088–91. Polymer elastic cellular materials. Determination of the nominal strength and nominal elongation at rupture. (In Russ.)].
9. ГОСТ 29089–91. Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение остаточной деформации сжатия. [GOST 29089–91. Polymer elastic cellular materials. Determination of the residual compression deformation. (In Russ.)].
10. ГОСТ 2439–93. Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение твердости при вдавливании. [GOST 2439–93. Polymer elastic cellular materials. Hardness determination. (In Russ.)].
11. ГОСТ 14236–81. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение. [GOST 14236–81. Polymer films. Stretching test. (In Russ.)].
12. Цюрупа Н.Н. Практикум по коллоидной химии. М., 1963. С. 139–40. [Tsyurupa N.N. Practicum in colloidal chemistry. Moscow, 1963. Pp. 139–40. (In Russ.)].
13. Boateng J.S., Matthews K.H., Stevens H.N., Eccleston G.M. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. J Pharm Sci 2008;97(8): 2892–923.