

**СИНТЕЗ И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ  
И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

---

**SYNTHESIS AND PROCESSING OF POLYMERS  
AND POLYMERIC COMPOSITES**

---

ISSN 2410-6593 (Print), ISSN 2686-7575 (Online)

<https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-5-71-78>



УДК 691.175.2

**Влияние смесей полиэтиленгликолей в качестве мазевой основы на физико-химические свойства лавсановых атравматичных раневых повязок**

**А.А. Корольчук<sup>1</sup>, Е.С. Жаворонок<sup>1</sup>, О.А. Легонькова<sup>2</sup>, С.А. Кедик<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова), Москва 119571, Россия

<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского, Москва 117997, Россия

@Автор для переписки, e-mail: [nastya.corolchuk@yandex.ru](mailto:nastya.corolchuk@yandex.ru)

**Цели.** Основой современных атравматичных раневых повязок является полиэтилентерефталат (или лавсан), которому придают вид нитей. Целью работы являлось определение причин увеличения жесткости и травматичности лавсановых тканых сеток при хранении и поиск путей устранения этого эффекта.

**Методы.** Для определения фазового состояния, температуры стеклования и плавления лавсановых волокон, в том числе после обработки смесями полиэтиленгликолей, использовали дифференциальную сканирующую калориметрию, которую проводили на приборе NETZSCH DSC 204 F1 Phoenix в динамическом режиме в диапазоне температур от 20 до 300 °С в токе аргона. Для определения динамической вязкости и оценки характера смешения полиэтиленгликолей разной молекулярной массы применяли метод реовискозиметрии, которую осуществляли на ротационном вискозиметре Brookfield DV2TLV с термостатируемым рабочим узлом SC4-16 при температурах: 25, 36.6, 40, 45, 50 и 55 °С в диапазоне скоростей сдвига от 120 до 200 с<sup>-1</sup>.

**Результаты.** Установлено, что длительно выдержанные в лабораторных условиях (до 2, 3 и 16 лет) образцы лавсановых тканых сеток находятся в кристаллическом состоянии с высокой степенью кристалличности. Прогрев этих сеток до 300 °С позволяет снизить степень кристалличности на 19–32%, но не устраняет ее полностью. Полиэтиленгликоли и их смеси, которые используют в качестве мазевой основы, проявляющие неньютоновское поведение при течении, оказывают заметное влияние на степень кристалличности лавсана. Установлено оптимальное соотношение полиэтиленгликолей для модификации лавсановых сеток: ПЭГ-400:ПЭГ-1500 = 80:20 мас. ч. После выдерживания лавсановой тканой сетки в этой смеси при комнатной температуре степень кристалличности лавсана сильно снижается, а после прогрева такой системы кристалличность практически исчезает.

**Заключение.** Оценено влияние на фазовую организацию лавсана смесей полиэтиленгликолей различной молекулярной массы, являющихся основой лечебных мазей. В результате проведенной работы предложен новый подход для уменьшения травматичности синтетических (лавсановых) основ атравматичных раневых повязок.

**Ключевые слова:** раневое покрытие, мазевая основа, полиэтилентерефталат, полиэтиленгликоль, температура плавления, степень кристалличности, вязкость.

*Для цитирования:* Корольчук А.А., Жаворонок Е.С., Легонькова О.А., Кедик С.А. Влияние смесей полиэтиленгликолей в качестве мазевой основы на физико-химические свойства лавсановых атравматичных раневых повязок. *Тонкие химические технологии*. 2019;14(5):71-78. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-5-71-78>

## Effect of polyethylene glycol mixtures as ointment base on the physicochemical properties of Lavsan atraumatic wound dressings

Anastasiya A. Korolchuk<sup>1</sup>, Elena S. Zhavoronok<sup>1</sup>, Olga A. Legonkova<sup>2</sup>, Stanislav A. Kedik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MIREA – Russian Technological University (M. V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies), Moscow 119571, Russia

<sup>2</sup>A. V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow 117997, Russia  
@Corresponding author, e-mail: nastya.corolchuk@yandex.ru

**Objectives.** Modern atraumatic wound dressings are based on polyethylene terephthalate, or Lavsan, which is shaped to form threads. The aim of the study was to determine the reasons for Lavsan woven nets' hardening and becoming more trauma-prone during storage, and to find ways of eliminating these effects.

**Methods.** We used differential scanning calorimetry, performed on a NETZSCH DSC 204 F1 Phoenix device, in a dynamic mode with a temperature range from 20 to 300 °C in argon flow to determine phase states, glass transition temperatures, and melting temperatures of Lavsan fibers (including those treated with polyethylene glycol mixtures). We performed rheoviscometry studies on a Brookfield DV2TLV rotational viscometer, with a SC4-16 thermostatic control unit, at the following temperatures: 25, 36.6, 40, 45, 50, and 55 °C, with shear rates ranging from 120 to 200 s<sup>-1</sup> to determine dynamic viscosity and investigate the mixing characteristics of polyethylene glycols with different molecular weights.

**Results.** We have established that samples of Lavsan woven nets, stored long-term in laboratory conditions (up to 2, 3, and 16 years), are in the crystalline state with a high degree of crystallinity. Upon heating these nets to 300 °C, it is possible to reduce the degree of crystallinity by 19–32%, but it does not completely eliminate the effect. Polyethylene glycols and their mixtures which exhibit non-Newtonian flow behavior and are used as an ointment base, have a significant effect on Lavsan's crystallinity. We have determined that the optimal ratio of polyethylene glycols for the modification of Lavsan nets is PEG-400:PEG-1500 = 80:20 wt %. Upon storing Lavsan woven nets in this mixture at room temperature, the Lavsan's crystallinity is greatly reduced, and upon heating the system, the crystallinity practically disappears.

**Conclusions.** The effect of polyethylene glycol mixtures (the base for therapeutic ointments) with various molecular weights on the phase organization of Lavsan has been evaluated. As a result of this study, we can offer a new approach to reduce the injuring effect of synthetic (Lavsan) bases of atraumatic wound dressings.

**Keywords:** wound dressing, ointment base, polyethylene terephthalate, polyethylene glycol, melting point, degree of crystallinity, viscosity.

**For citation:** Korolchuk A.A., Zhavoronok E.S., Legonkova O.A., Kedik S.A. Effect of polyethylene glycol mixtures as ointment base on the physicochemical properties of Lavsan atraumatic wound dressings. *Tonkie Khim. Tekhnol. = Fine Chem. Technol.* 2019;14(5):71-78 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-5-71-78>

### Введение

Атравматичные раневые повязки – один из видов перевязочных материалов, предназначенных для защиты ран от вредных факторов окружающей среды [1]. Основу таких повязок составляют волокна, нити, ткани, пленки и нетканые материалы [2]. Подобные перевязочные материалы должны предотвращать контакт травмированной области с внешними раздражителями, инородными предметами и инфекциями, а также ограждать рану от вероятных повторных повреждений [2, 3].

Первыми материалами для остановки кровотечения и механической защиты ран были отрезки хлопко-

вых тканей [2]. Однако у данного материала имеется ряд недостатков, причем одним из главных является неоднородность хлопковых нитей. Микроскопические ворсинки, характерные для хлопка, попадают в рану, раздражая поврежденную поверхность и затрудняя восстановление травмированных тканей [3]. Это вызвало поиск альтернативных перевязочных материалов, отличающихся нейтральностью и однородностью нитей. Таким требованиям удовлетворяют полимерные материалы – например, полиэтилентерефталат (ПЭТФ).

Полиэтилентерефталат (или лавсан) представляет собой сложный полиэфир, которому для удобства использования придают вид нитей [4, 5]. Основными причинами использования лавсана в качестве пере-

вязочного материала являются его высокие механические характеристики и относительно невысокая стоимость [5]. Лавсановые волокна обладают высокой прочностью и износостойкостью, упругостью и устойчивостью к действию химических соединений, хорошей биосовместимостью; лавсан относится к полимерам с низкой скоростью биодеструкции [6, 7]. Однако при длительном хранении лавсановых сеток наблюдается увеличение их жесткости и травматичности, что нежелательно для перевязочного материала [8, 9]. Поэтому целью настоящей работы было определение причины изменения свойств лавсановой сетки при хранении и поиск путей устранения этого эффекта.

### Экспериментальная часть

В работе использовали лавсановые тканые сетки, изготовленные из полиэтилентерефталата с молекулярной массой (ММ) 30 кДа, выдержанные в лабораторных условиях до  $\tau_{\text{ст}} = 2, 3, 16$  лет. Образцы отличались временем старения, а также структурой плетения (см. табл. 1). Для исследования влияния на них мазовой основы использовали модельные олигомеры – полиэтиленгликоли ПЭГ-400, ПЭГ-1500 и их смеси в разных соотношениях. Смешение ПЭГ проводили при комнатной температуре с последующим прогревом при 80 °С в течение 10 мин до получения однородного вязкого состава. Сетки замачивали на 1, 7 и 28 суток в ПЭГ-400 или смеси ПЭГ-400:ПЭГ-1500 = 80:20 мас. ч. при комнатной температуре, после чего подвергали исследованию.

Исследования проводили методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и рео-

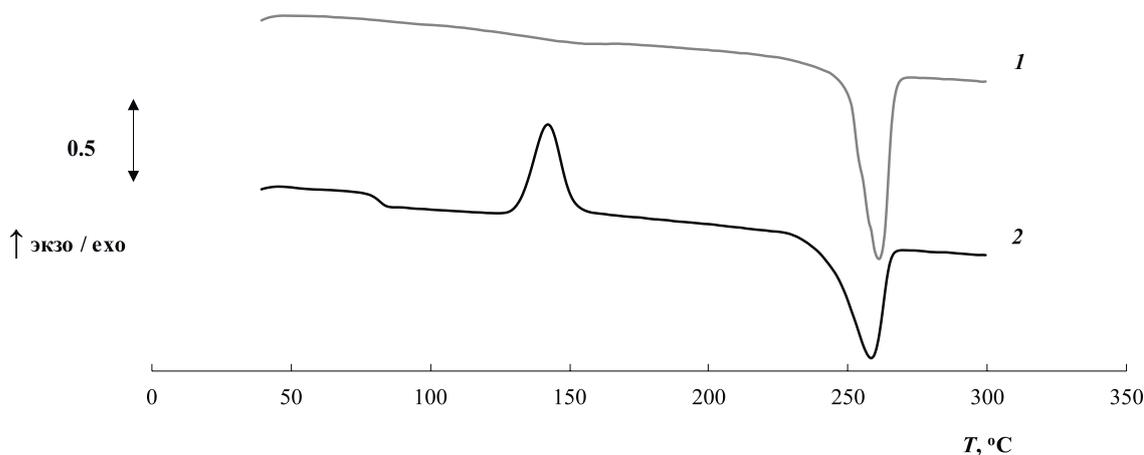
вискозиметрии. Термограммы ДСК получали на приборе NETZSCH DSC 204 F1 Phoenix в динамическом режиме в диапазоне температур 20–300 °С в токе аргона. Динамическую вязкость ПЭГ и их смесей определяли на ротационном вискозиметре Brookfield DV2TLV с термостатируемым рабочим узлом (SC4-16) при температурах: 25, 36.6, 40, 45, 50 и 55 °С в диапазоне скоростей сдвига 120–200 с<sup>-1</sup>.

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследования лавсановых тканых сеток методом ДСК приведены на рис. 1.

Исследованные образцы в области температур 240–280 °С имеют выраженный эндотермический пик, который, согласно [10], можно интерпретировать, как плавление кристаллов полиэтилентерефталата. Видно, что площадь этого пика при повторном эксперименте ДСК уменьшается, но в области температур 60–80 °С возникает характерная «ступенька», указывающая на протекание процесса расстекловывания образца, то есть на наличие аморфной фазы. При повторном сканировании появляется дополнительный узкий экзотермический пик в области температур 140–160 °С, который, в соответствии с [10], можно интерпретировать, как кристаллизацию аморфной части образца. Данные о термохимических характеристиках исследованных образцов представлены в табл. 1. Таким образом, можно сделать вывод, что длительно выдержанные при комнатной температуре образцы находятся в кристаллическом состоянии, причем доля аморфной фазы в них крайне мала, но увеличивается после прогрева образца.

ДСК, мВт/мг/DSC, mW/mg



**Рис. 1.** Типичные ДСК-диаграммы лавсановых тканых сеток на примере ПЭТФ-207 при  $w^+ = 10$  К/мин: 1 – первичный нагрев; 2 – вторичный нагрев.

**Fig. 1.** Typical DSC diagram for Lavsan woven nets; shown here is the diagram for PET-207 at  $w^+ = 10$  K/min: 1 – initial heating; 2 – secondary heating.

Таблица 1. Термофизические показатели образцов лавсановых тканых материалов  
 Table 1. Thermophysical parameters for Lavsan woven materials samples

Образец / Sample	$\tau_{ст}$ , лет / $\tau_{aging}$ , years	$T_g$ , °C	$T_{крисст}$ , °C / $T_{cryst}$ , °C		$ \Delta S_{крисст} $ , Дж/г / $ \Delta S_{cryst} $ , J/g		$T_{пл}$ , °C / $T_{melt}$ , °C		$ \Delta S_{пл} $ , Дж/г / $ \Delta S_{melt} $ , J/g		$\alpha$ , %
			1 скан / 1 scan	2 скан / 2 scan	1 скан / 1 scan	2 скан / 2 scan	1 скан / 1 scan	2 скан / 2 scan	1 скан / 1 scan	2 скан / 2 scan	
ПЭТФ-208* / PET-208	2	80	–	145	–	36	261	256	62	44	71
ПЭТФ-207** / PET-207	3	80	–	–	–	–	262	257	79	54	68
ПЭТФ-206* / PET-206	3	80	–	148	–	69	260	257	115	90	78
ПЭТФ-205** / PET-205	16	83	–	–	–	–	262	258	74	51	69
ПЭТФ-204* / PET-204	16	82	–	142	–	37	261	258	72	58	81

\* Структура плетения «соты».

\*\* Структура плетения «квадрат». По-видимому, различие в структуре плетения подразумевает различие в степени вытяжки лавсанового волокна при формировании тканой сетки, что, в свою очередь, обуславливает различие свойств одновременно состаренных сеток разного плетения. /

\* Weaving: “honeycombs”.

\*\* Weaving: “squares”. Apparently, the difference in the weaving means the difference in the degree of Lavsan fiber elongation during the formation of the woven net, therefore the nets of the same age, but with different weaving have different properties.

Данные о площадях эндотермических пиков плавления позволяют нам, в первом приближении, оценить степень кристалличности образцов. Мы приняли степень кристалличности образцов, для которых на ДСК-термограммах отсутствует эффект стеклования, за 100% и рассчитали степень кристалличности повторно прогретых образцов по формуле [11]:

$$\alpha = \frac{\Delta S''}{\Delta S'} \times 100\%, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – доля кристаллической фазы,  $\Delta S'$  – площадь, соответствующая пику плавления кристаллической фазы при первом сканировании,  $\Delta S''$  – площадь, соответствующая пику плавления кристаллической фазы при втором сканировании.

Рассчитанные значения  $\alpha$  приведены в табл. 1. Из нее видно, что степень кристалличности даже повторно прогретых образцов составляет от 68 до 81%.

Основа мази может существенно влиять на фазовое состояние полиэтилентерефталата, поэтому мы предприняли исследование мазевых основ. Одной из популярных мазевых основ являются смеси ПЭГ с молекулярными массами 400 и 1500, взятых в различных соотношениях [11]. Экспериментально полученные вязкостно-скоростные кривые (рис. 2) свидетельствуют, что визуально гомогенные смеси ПЭГ проявляют неньютоновское поведение.

При этом, с увеличением концентрации ПЭГ-1500 в растворе, появляется и нарастает вязкост-

ный гистерезис по типу реопексии. Это может свидетельствовать о гетерогенной структуре смеси ПЭГ, несмотря на визуальную гомогенность. Важным параметром, влияющим на вязкость олигомеров и их смесей, является температура. Как видно из экспериментальных данных (рис. 3), с повышением температуры вязкость образца уменьшается, а неньютоновское поведение становится менее выраженным: так, при 55 °C наблюдается практически ньютоновское поведение образцов.

Анализ результатов, полученных при разных температурах, позволяет приблизительно оценить энергию активации вязкого течения чистых полиэтиленгликолей и их смесей по уравнению Аррениуса–Френкеля–Энгельса:

$$\eta = A \times e^{\frac{-E_a}{R}}, \quad (2)$$

где  $\eta$  – эффективная динамическая вязкость при 55 с<sup>-1</sup>;  $E_a$  – энергия активации вязкого течения;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура;  $A$  – предэкспоненциальный множитель, учитывающий вероятность протекания элементарного акта вязкого течения.

Зависимость кажущейся энергии активации от соотношения ПЭГ в их смеси представлена на рис. 4. Из этого рисунка видно, что энергия активации вязкого течения невысока и практически не зависит от состава смеси ПЭГ. Это указывает на атермический характер смешения ПЭГ разной молекулярной массы, которые имеют одинаковое звено.

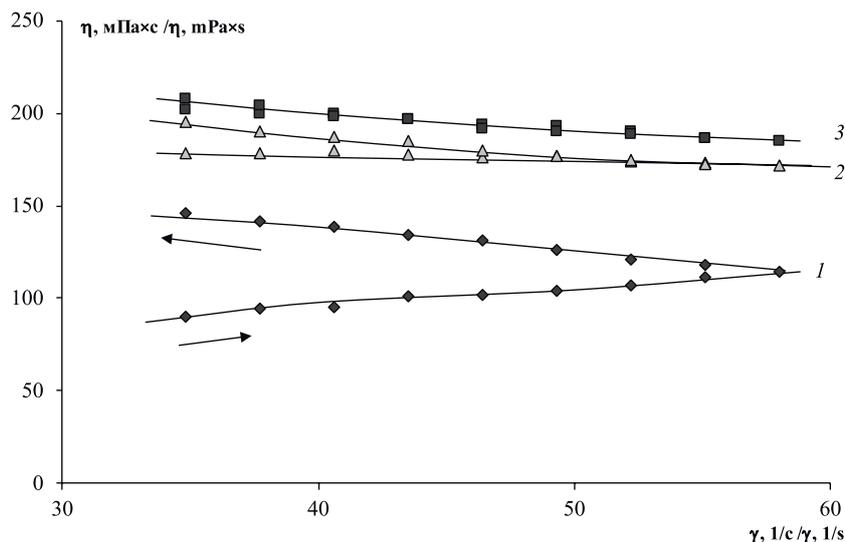


Рис. 2. Типичные вязкостно-скоростные кривые, полученные при 25 °С, смесей ПЭГ-400 и ПЭГ-1500, с содержанием ПЭГ-400, % мас.: 70 (1); 80 (2); 90 (3).

Fig. 2. Typical viscosity–velocity curves obtained at 25 °C for PEG-400 and PEG-1500 mixtures, with PEG-400 content, wt %: 70 (1); 80 (2); 90 (3).

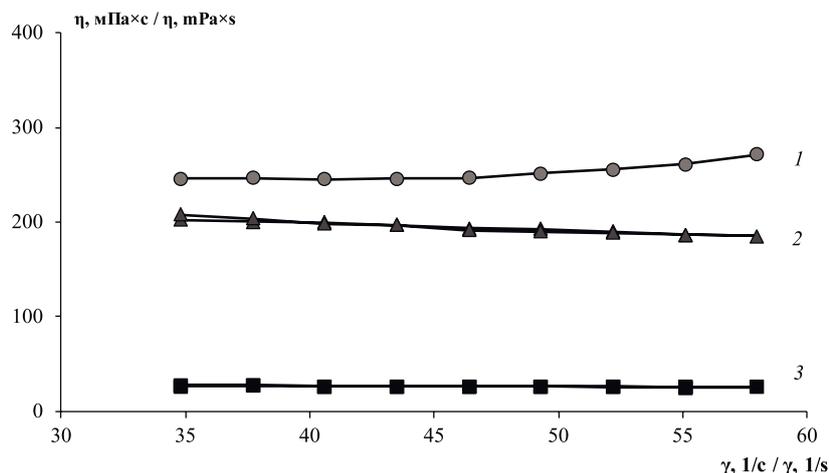


Рис. 3. Типичные вязкостно-скоростные кривые смеси ПЭГ-400:ПЭГ-1500 = 80:20 мас.ч., полученные при температуре, °С: 25 (1); 36.6 (2); 55 (3).

Fig. 3. Typical viscosity–velocity curves for the PEG-400:PEG-1500 = 80:20 wt % mixture, obtained at the following temperatures, °C: 25 (1); 36.6 (2); 55 (3).

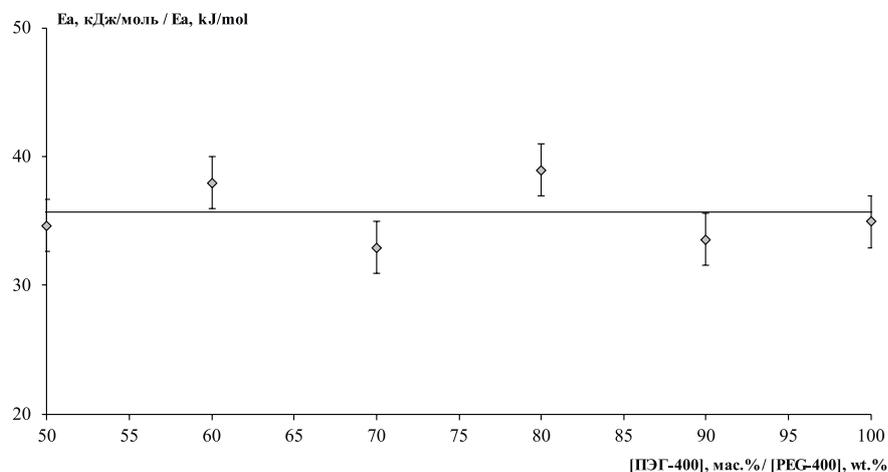
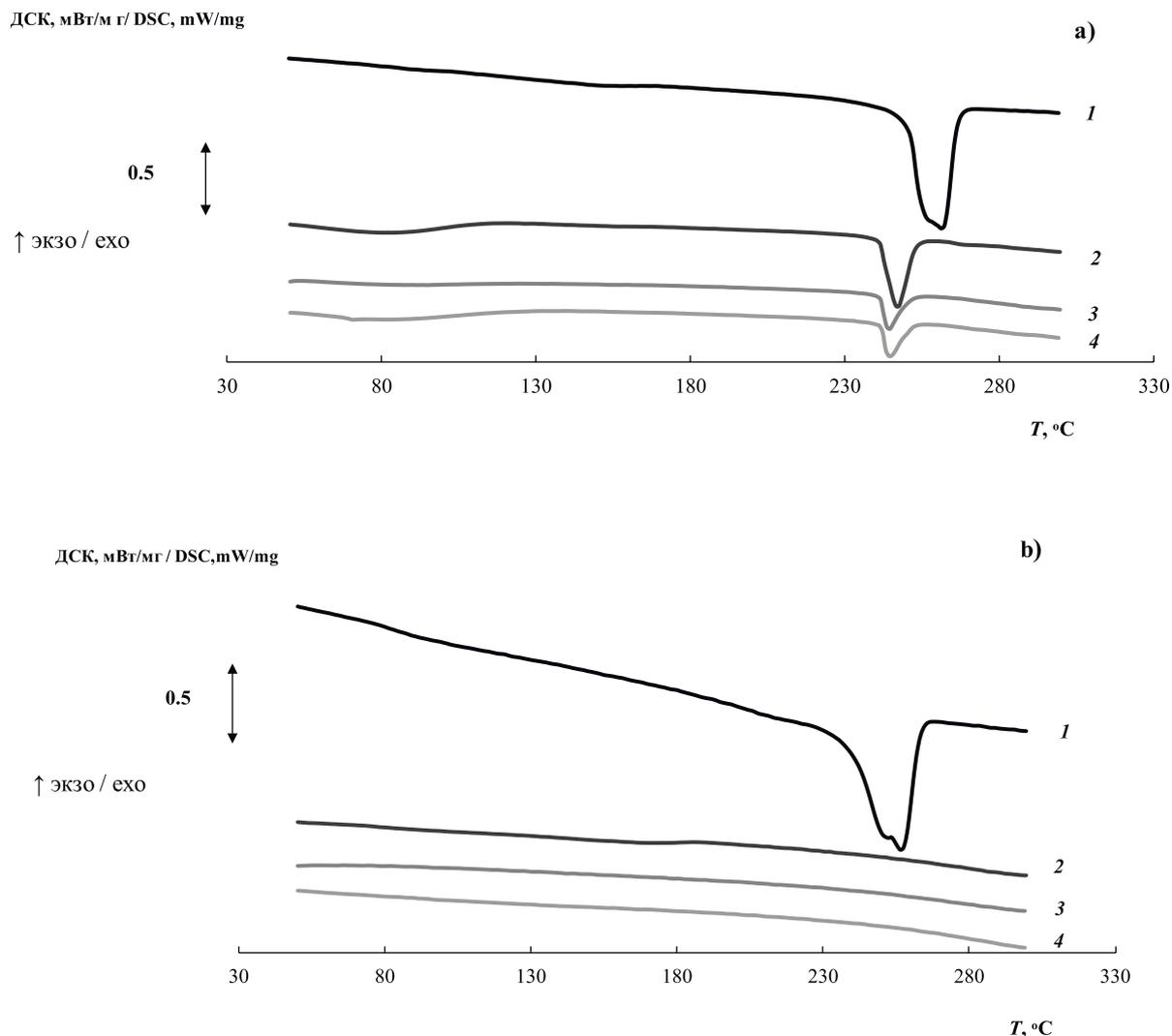


Рис. 4. Зависимость кажущейся энергии активации вязкого течения смесей ПЭГ-400:ПЭГ-1500 от их состава.

Fig. 4. Dependency of the apparent activation energy of viscous flow on the composition of PEG-400:PEG-1500 mixtures.

Таким образом, в области содержаний ПЭГ-1500 до 50% мас. по отношению к ПЭГ-400 смесь этих олигомеров ведет себя одинаково. Поэтому для исследований мы выбрали состав ПЭГ-400:ПЭГ-1500 = 80:20 мас. ч., который, согласно литературным

данным [12, 13], широко используется для разработки мазей для атравматичных повязок. Далее методом ДСК было проведено исследование влияния этого состава на фазовую организацию лавсановой тканой сетки. Полученные термограммы представлены на рис. 5.



**Рис. 5.** Типичные термограммы ДСК образцов: исходный ПЭТФ-204 (1) и ПЭТФ-204, выдержанный в смеси ПЭГ-400: ПЭГ-1500= 80: 20 мас.ч. в течение 1 (2), 7 (3) и 28 суток (4).

Приведены результаты первого (а) и второго (б) сканирований при  $w^+ = 10$  К/мин.

**Fig. 5.** Typical DSC thermograms for initial PET-204 (1) and for PET-204 incubated in the PEG-400:PEG-1500 = 80:20 wt % composition for 1 day (2), 7 days (3) and 28 days (4).

Results of the first (a) and the second (b) scanning, at  $w^+ = 10$  K/min, are shown here.

Анализ этих термограмм показывает, что выдерживание лавсановых тканых сеток в среде смеси ПЭГ приводит к закономерному уменьшению площади эндотермического пика в области температур 250–280 °С. Одновременно в низкотемпературной области (80–100 °С) возникает эффект, напоминающий «ступеньку» стеклования. Это свидетельствует об уменьшении степени кристалличности; расчет по формуле (1) показывает, что степень кристалличности таких выдержанных об-

разцов уменьшается до 14% за 28 суток (табл. 2). Однако даже после этого времени степень кристалличности все еще остается существенной. В то же время при повторном прогреве таких образцов (рис. 5b) наблюдается полное исчезновение эндотермического пика плавления. Очевидно, это происходит вследствие проникновения молекул ПЭГ в полиэтилентерефталат, причем тканая сетка не теряет своего внешнего вида и товарных свойств.

**Таблица 2.** Термофизические показатели образцов ПЭТФ-204, выдержанных в ПЭГ-400 и его смеси с ПЭГ-1500  
**Table 2.** Thermophysical parameters for samples of PET-204 incubated in PEG-400 and its mixture with PEG-1500

Время выдерживания, сут / Incubation time, days	ПЭГ-400 / PEG-400		ПЭГ-400:ПЭГ-1500 = 80:20 мас.ч. / PEG-400:PEG-1500 = 80:20 wt %	
	$ \Delta S_{пл} $ , Дж/г / $ \Delta S_{mel} $ , J/g	$\alpha$ , %	$ \Delta S_{пл} $ , Дж/г / $ \Delta S_{mel} $ , J/g	$\alpha$ , %
1	46	58	25	32
7	11	22	11	14
28	17	14	11	14

### Выводы

В результате проделанной работы установлено, что состаренные при естественных условиях лавсановые сетки являются частично кристаллическими с высоким содержанием кристаллической фазы. После их выдерживания в среде смесей ПЭГ, используемых в качестве мазовой основы, оптимальный

состав которых был выбран по данным реовискозиметрии, при комнатной температуре степень кристалличности сильно снижается, а после прогрева кристалличность практически исчезает. Это дает возможность продлить срок годности лавсановых сеток.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.*

### Список литературы:

1. Петров С.В. Общая хирургия. СПб.: Лань, 1999. 672 с. ISBN 5-8114-0129-9
2. Куринова М.А., Гальбрайт Л.С., Скибина Л.Э. Современные раневые покрытия (обзор) // Современная медицина: актуальные вопросы. 2015. № 48-49. С. 137–145.
3. Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия: учебник: 5-е изд. М.: Литтерра, 2010. 880 с.
4. Блатун Л.А. Местное медикаментозное лечение ран // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2011. № 4. С. 51–59.
5. Майорова А.В., Сысуев Б.Б., Ханалиева И.А., Вихрова А.В. Современный ассортимент, свойства и перспективы совершенствования перевязочных средств для лечения ран // Фармация и фармакология. 2018. Т. 6. № 1. С. 4–32. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-1-4-32>
6. Марычев С.Н., Калинин Б.А. Полимеры в медицине. Владимир: Владимирский государственный университет, 2001. 68 с. ISBN 5-89368-277-7
7. Легонькова О.А., Асанова Л.Ю. Линейные полиэфиры в современной медицине // Высотехнологичная медицина. 2017. Т. 4. № 1. С. 16–31.
8. Waring M., Bielfeldt S., Springmann G., Ceo K-P.W. An instant tack wound dressing designed to reduce skin stripping // Wounds UK. 2012. V. 8. № 2. P. 60–67.
9. Табаев Б.В., Хлесткин Р.Н., Масленников Е.И. Особенности кристаллизации аморфного полиэтилен-терефталата в твердой фазе в условиях механических деформаций // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17. № 4. С. 29–31.
10. Берштейн В.А., Егоров В.М. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. СПб.: «Химия», Ленинградское отделение, 1990. 256 с.
11. Menczel J.D. Thermal Analysis of Polymers. Fundamentals and Application / ed. by J.D. Menczel, R.B. Prime. Hoboken (New Jersey): Wiley, 2009. 698 p.

### References:

1. Petrov S.V. Obshchaya khirurgiya [General Surgery]. Saint-Petersburg: Lan' Publ., 1999. 672 p. (in Russ.). ISBN 5-8114-0129-9
2. Kurinova M.A., Galbriah L.C., Skibina L.E. Modern wound dressings (review). *Sovremennaya meditsina: aktual'nye voprosy* = Modern Medicine: Topical Issues. 2015;48-49:137-145 (in Russ.).
3. Strukov A.I., Serov V.V. Patologicheskaya anatomiya [Pathological Anatomy]. 5th ed. Moscow: Litterra Publ., 2010. 880 p. (in Russ.).
4. Blatun L.A. Local medical treatment of wounds. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova* = Pirogov Russian Journal of Surgery. 2011;(4):51-59 (in Russ.).
5. Mayorova A.V., Sysuev B.B., Khanaliev I.A., Vikhrova I.V. Modern assortment, properties, and perspectives of dressings improvement of wound treatment. *Farmatsiya i farmakologiya* = Pharmacy and Pharmacology. 2018;6(1):4-32 (in Russ.). <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-1-4-32>
6. Marichev S.N., Kalinin B.A. Polimery v meditsine [Polymers in medicine]. Vladimir: Vladimir State University Publ., 2001. 68 p. ISBN 5-89368-277-7 (in Russ.).
7. Legonkova O.A., Asanova L.Y. Linear polyesters in modern medicine. *Vysokotekhnologichnaya meditsina* = High-Tech Medicine. 2017;4(1):16-31 (in Russ.).
8. Waring M., Bielfeldt S., Springmann G., Ceo K-P.W. An instant tack wound dressing designed to reduce skin stripping. *Wounds UK*. 2012;8(2):60-67.
9. Tabaev B.V., Khlestkin R.N., Maslennikov E.I. Characteristics of crystallization of amorphous polyethylene terephthalate in solid state under strain conditions. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* = Bashkir Chemical Journal. 2010;17(4):29-31 (in Russ.).
10. Bershtein V.A., Egorov V.M. Differentsial'naya skaniruyushchaya kalorimetriya v fizikokhimii polimerov [Differential Scanning Calorimetry in Polymer Physics and Chemistry]. Saint-Petersburg: Khimiya Publ., Leningrad section, 1990. 256 p. (in Russ.).
11. Menczel J.D. Thermal Analysis of Polymers.

12. Шикова Ю.В., Кадыров А.Р., Зайцева О.Е., Симонян Е.В., Васильева Н.А., Солдатова Е.С. Использование в технологии получения лекарственных препаратов современных вспомогательных веществ – высокомолекулярных соединений // *Health and Education Millennium*. 2018. V. 20. № 1. P. 222–226. <https://dx.doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2017-20-1>.

13. Сливкин А.И., Краснюк И.И. (мл.), Беленова А.С., Дьякова Н.И. Фармацевтическая технология. Высокомолекулярные соединения в фармации и медицине / под ред. И.И. Краснюка (ст.). М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 560 с. ISBN 978-5-9704-3834-3

14. Вайнштейн В.А. Исследование структурно-механических свойств мягких лекарственных форм // *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2017. Т. 3. № 20. С. 70–78.

15. Макаренко М.В., Курченко В.П., Усанов С.А. Современные подходы к разработке раневых покрытий // *Труды Белорусского государственного университета*. 2016. Т. 11. № 1. С. 273–279.

*Fundamentals and Application*. Ed. by J.D. Menczel, R.B. Prime. Hoboken (New Jersey): Wiley, 2009. 698 p.

12. Shikova Y.V., Kadyrov A.R., Zaytseva O.E., Simonyan E.V., Vasilyeva N.A., Soldatova E.S. The use of modern auxiliary substances of high molecular compounds in formulation of drugs. *Health and Education Millennium*. 2018;20(1):222-226. <https://dx.doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2017-20-1>.

13. Slivkin A.I., Krasnuk I.I. (Jr.), Belenova A.S., Diakova N.I. Farmatsevticheskaya tekhnologiya. Vysokomolekulyarnyye soyedineniya v farmatsii i meditsine [Pharmaceutical Technology. High-Molecular Compounds in Pharmacy and Medicine]. Ed. by I.I. Krasnuk (Sr.). Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2017. 560 p. (in Russ.). ISBN 978-5-9704-3834-3

14. Weinstein V.A. Determination of structural-mechanical properties of soft drugs. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv = Drug Development & Registration*. 2017;3(20):70-78 (in Russ.).

15. Makarenko M.V., Kurchenko V.P., Usanov S.A. Modern approaches to the development of wound coverings. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Belarusian State University*. 2016;11(1):273-279 (in Russ.).

#### Об авторах:

**Корольчук Анастасия Александровна**, студент кафедры биотехнологии и промышленной фармации Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

**Жаворонок Елена Сергеевна**, кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии и промышленной фармации Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86). Scopus Author ID 7801409746, ResearcherID H-9420-2013, <https://orcid.org/0000-0002-7235-3361>

**Легонок Ольга Александровна**, доктор технических наук, руководитель отдела перевязочных, шовных и полимерных материалов в хирургии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (117997, Россия, Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27). Scopus Author ID 18437207900

**Кедик Станислав Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии и промышленной фармации Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86). <https://orcid.org/0000-0003-2610-8493>

#### About the authors:

**Anastasiya A. Korolchuk**, Student of the Chair of Biotechnology and Industrial Pharmacy, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo pr., Moscow 119571, Russia).

**Elena S. Zhavoronok**, Cand. of Sci. (Chemistry), Associate Professor of the Chair of Biotechnology and Industrial Pharmacy, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russia). Scopus Author ID 7801409746, ResearcherID H-9420-2013, <https://orcid.org/0000-0002-7235-3361>

**Olga A. Legonkova**, Dr. of Sci. (Engineering), Head of the Department of Dressings, Suture and Polymer Materials in Surgery, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation (27, Bolshaya Serpukhovskaya ul., Moscow 117997, Russia). Scopus Author ID 18437207900

**Stanislav A. Kedik**, Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Head of the Chair of Biotechnology and Industrial Pharmacy, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo pr., Moscow 119571, Russia). <https://orcid.org/0000-0003-2610-8493>

Поступила: 29.05.19; Получена после доработки: 10.7.2019; Принята к опубликованию: 24.09.2019.  
Submitted: May 29, 2019; Reviewed: July 10, 2019; Accepted: September 24, 2019.