

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ИЗ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА

*Е.О. ФИЛИППОВА, Н.М. ИВАНОВА*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [bosyheo@tpu.ru](mailto:bosyheo@tpu.ru)

Биодеградируемые полимеры являются перспективными материалами, используемые в медицине в качестве шовного материала, костных пластинок, брышных сеток, стентов, скэффолдов, а также для систем доставки лекарственных средств [1, 2]. Особый интерес представляет применение поликапролактона - биоразлагаемого полиэфира - в роли имплантата для роговицы [3]. Одним из основных требований к биодеградируемому материалу в качестве медицинского является смачиваемая поверхность [2], которая достигается путем воздействия на полимер низкотемпературной плазмой атмосферного давления.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение поверхностных свойств тонких пленок на основе поликапролактона после воздействия низкотемпературной плазмы атмосферного давления.

### *Материалы и методы исследования*

Пленки были получены в результате растворения поликапролактона (Нидерланды) в трихлорметане (CHCl<sub>3</sub>) (Экрос, Россия). Через 48 часов, после испарения растворителя, сформированный материал удаляли из чашки Петри.

Модификацию поверхности пленок проводили с использованием экспериментальной установки низкотемпературной плазмы атмосферного давления (ТПУ). Время воздействия плазмой составило 30 с.

Электронная микроскопия поверхности полученных образцов выполнялась на микроскопе Hitachi S3400N Type II (Япония). Данные о строении поверхности пленок и их шероховатости были получены с помощью лазерного сканирующего микроскопа «Olympus Lext Ols 4100» (США). Профиль шероховатости поверхности строился с точностью до 1 нм в программе Gwyddion 2.47. Краевой угол смачивания измерялся методом сидячей капли при комнатной температуре (25 ± 2)°С, с помощью прибора «KRÜSS Easy Drop DSA 20» (Германия). В исследовании использовались следующие жидкости: деионизованная вода, глицерин, и N-гексан.

### *Результаты исследования*

Исследование структуры и морфологии пленок из поликапролактона показало, что топография полученного материала зависит от стороны поверхности: внешняя, контактирующая с атмосферой, сторона имела более рельефную поверхность в отличие от более гладкой, контактирующей с чашкой Петри, внутренней. Исследование шероховатости поверхности показало среднюю шероховатость (Ra) внешней стороны пленки 0,03 мкм, внутренней – 0,02 мкм, среднеквадратичную шероховатость (Rq) внешней стороны 0,05 мкм, внутренней – 0,04 мкм, максимальную высоту шероховатости (Rt) внешней стороны 0,48 мкм, внутренней – 0,42 мкм. Однако, статистический анализ показал отсутствие значимых различий параметров шероховатости между сторонами материала,  $p > 0,05$ .

Анализ данных по смачиваемости поверхности показал, что внутренняя сторона пленки обладает краевым углом смачивания воды 72,0°±2,2, внешняя – 73,1°±3,1, приближая свойства материала к гидрофобным. Поверхностная энергия  $\gamma$  пленок составила 34,47±0,59 мДж/м<sup>2</sup>, соотношение дисперсионной и поляризационной составляющих - 1,3:1.

Воздействия плазмой увеличивает параметры шероховатости сторон поверхности пленок на основе поликапролактона в 1,5 раз по сравнению с исходными пленками, при этом различия параметров между сторонами статистически незначимы ( $p > 0,05$ ).

Анализ данных по смачиваемости поверхности показал, что воздействие плазмой увеличивает гидрофильность пленки, снижая краевой угол смачивания внутренней стороны на 9° – 10° (на (12 – 14)%), а также увеличивает значения поверхностной энергии

преимущественно за счет полярной составляющей до  $(20,6 \pm 0,3)$  [мДж/м<sup>2</sup>]. Статистический анализ показал, что значимых различий краевого угла смачивания, а также поверхностной энергии между сторонами материала не выявлено,  $p > 0,05$ .

В результате проведенных исследований выявлено, что пленки на основе поликапролактона имеют топографически разные стороны поверхности: более рельефную – внешнюю и гладкую внутреннюю, что отражается в параметрах шероховатости. Модификация поверхности плазмой увеличивает шероховатость данного материала. Пленки на основе поликапролактона обладают свойствами, близкими к гидрофобным, независимо от стороны поверхности. Воздействие плазмой увеличивает гидрофильность материала, снижая краевой угол смачивания на  $9^\circ - 10^\circ$  (на 12% – 14%), а также увеличивает значения поверхностной энергии в большей мере за счет полярной составляющей.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00648.*

#### **Список литературы**

1. Ershuai Z., Chuanshun Z., Jun Y., Hong S. et al. Electrospun PDLGA/PLGA composite membranes for potential application in guided tissue regeneration // *Materials Science and Engineering*. – 2016. – № 58. – P. 278–285.
2. Okada H., Doken Y., Ogawa Y. Persistent suppression of the pituitary-gonadal system in female rats by three-month depot injectable microspheres of leuprorelin acetate // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 1996. – № 85. – P. 1044–1048.
3. Bredow L., Schwartzkopff J., Reinhard T. Regeneration of corneal endothelial cells following keratoplasty in rats with bullous keratopathy // *Molecular Vision*. – 2014. – № 20. – P. 683–690.

### **ВЛИЯНИЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА МОДИФИЦИРОВАННЫЕ В ПЛАЗМЕ ПЛЕНКИ ИЗ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА**

*Е.О. ФИЛИППОВА, Н.М. ИВАНОВА*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [bosyheo@tpu.ru](mailto:bosyheo@tpu.ru)

Поликапролактон как биodeградируемый полимер нашел свое широкое применение в медицине в качестве шовного материала, костных пластинок, брюшных сеток, стентов, скэффолдов, а также для систем доставки лекарственных средств [1, 2]. Особый интерес представляет применение поликапролактона в роли имплантата для роговицы [3]. Одним из основных требований к материалу является смачиваемая его поверхность [42], которая достигается путем воздействия на полимер низкотемпературной плазмой атмосферного давления. Однако, приобретенные свойства полимера после плазмы могут быть утеряны после процедуры стерилизации.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение влияния  $\gamma$ -стерилизации на поверхностные свойства пленок на основе поликапролактона после модификации низкотемпературной плазмой атмосферного давления.

#### *Материалы и методы исследования*

Исходные образцы пленок были получены в результате растворения поликапролактона (Нидерланды) в трихлорметане ( $\text{CHCl}_3$ ) (Экрос, Россия). Через 48 часов, после испарения растворителя, сформированные полимерные пленки удаляли из чашки Петри.