

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ПОВЕРХНОСТНУЮ СТРУКТУРУ
ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ**

Н.М. Иванова, Е.О. Филиппова

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.Ф. Пичугин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ivanovanina91@mail.ru

**INFLUENCE OF LOW-TEMPERATURE PLASMA ON THE SURFACE STRUCTURE OF FILMS ON
THE BASIS OF POLYLACTIC ACID**

N.M. Ivanova, E.O. Filippova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.F. Pichugin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: ivanovanina91@mail.ru

***Abstract.** The effect of low-temperature plasma (exposure time 30, 60 and 90 s) on the surface of films based on polylactic acid was investigated in this work. Films poured from a solution into a Petri dish have topographically different sides: more relief - external side and smooth internal one. This is reflected in the roughness parameters: Ra of the internal side is 4.9 nm, and Ra of the outer side is 7.4 nm. Treatment with low-temperature atmospheric plasma for 30 seconds leads to a decrease in roughness.*

Введение. Полимолочная кислота (ПМК) является одним из широко применяемых биоразлагаемых и биосовместимых материалов в медицине: в качестве костных пластинок, рассасывающегося шовного материала, скэффолдов, имплантатов для восстановления тканей [1-3]. На сегодняшний день ПМК рассматривается в роли кератоимплантата для лечения буллезной кератопатии. В основе заболевания лежит повреждение эндотелиального слоя роговицы, гидратация стромы, как следствие, нарушение прозрачности роговой оболочки и снижение зрения [4].

Важнейшей характеристикой имплантируемых медицинских изделий является их стерильность. Одним из перспективных методов, позволяющих осуществлять стерилизацию полимеров без изменения их объемных характеристик и применения токсических веществ является низкотемпературная плазма [6]. Однако стерилизация плазмой может повлиять на поверхность материала, и привести к изменению физико-химических и поверхностных характеристик пленок на основе ПМК [5].

Целью настоящей работы является получение данных о влиянии низкотемпературной плазмы на изменение поверхностных свойств, топографию поверхности пленок на основе полимолочной кислоты.

Материалы и методы исследования. Для получения исходных пленок был использован 1% -й раствор полимолочной кислоты с молекулярным весом, $M_w=121000$ г/моль (PURASORB, Нидерланды) в трихлорметане ($CHCl_3$) (Экрос, Россия), который разливали по чашкам Петри в количестве (10 ± 1) грамм. После полного испарения растворителя, пленки помещались в вакуум на 24 часа (давление 10^{-3} Торр, температура $25^\circ C$).

Толщина пленок измерялась с помощью оптиметра «ИКВ-3» и составила $(20,0\pm 0,1)$ мкм.

Модификация и стерилизация поверхности проводилась с помощью экспериментальной установки атмосферной низкотемпературной плазмы (ТПУ). Обработка пленок из ПМК производилась в

следующем режиме: частота - 5 кГц, напряжения импульса - 25 кВ, плотность мощности - 2 Вт/см².
Время обработки: 30,60 и 90 секунд.

Исследование топографии поверхности пленок проводилось с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) «Solver-HV» (NT-MDT, Россия) в полуконтактном режиме работы. Область сканирования составила 30х30мкм. Обработка полученных результатов АСМ-измерений осуществлялась с использованием программы Gwyddion 2.47 согласно ГОСТ 2789–73.

Результаты. Исследование поверхности образцов методом атомно-силовой микроскопии проводили с двух сторон: внутренней (контакт с Чашкой Петри) и внешней (контакт с атмосферой). Согласно полученным данным таблицы 1, внутренняя сторона поверхности исходных пленок менее шероховатая по сравнению с внешней, что обусловлено методикой получения. Анализ данных представленных в таблице 1, показывает, что воздействие плазмой в течение 30 секунд приводит к уменьшению средней шероховатости обеих сторон. Среднеквадратичная шероховатость внешней стороны пленок (R_q) уменьшается с 7,4 нм до 3,4 нм, а образцы обладают левосторонней асимметрией (R_{sk}). Увеличение времени воздействия до 90 секунд приводит к резкому увеличению средней шероховатости до 18 нм.

Анализ АСМ изображений (рис.1) показывает, что увеличение шероховатости происходит из-за увеличения отдельных микрометрических структур с увеличением времени обработки плазмой, что связано с модификацией поверхности плазменным травлением.

Таблица 1

Параметры шероховатости поверхности пленок ПМК, полученные методом атомно-силовой микроскопии в области сканирования 30х30мкм²

Параметры	Обозначение / размерность	Образцы/ время обработки плазмой							
		Исходные		30 секунд		60 секунд		90 секунд	
		Внутренняя сторона	Внешняя сторона	Внутренняя сторона	Внешняя сторона	Внутренняя сторона	Внешняя сторона	Внутренняя сторона	Внешняя сторона
Средняя шероховатость	(R_a) : нм	4,9	7,4	1,3	3,4	3,0	12,1	14,9	18,0
		± 2,0	± 3,0	± 0,2	± 1,1	± 1,0	± 3,4	± 5,0	± 9,0
Средне-квадратичная шероховатость	(R_q) : нм	7,0	11,5	1,8	6,3	4,5	21,4	20,6	35,9
		± 3,1	± 5,0	± 0,4	± 2,4	± 1,5	± 8,1	± 8,9	± 18,2
Коэффициент асимметрии	(R_{sk}) :	-0,09	-0,54	-0,13	-0,01	-0,26	-0,13	-0,52	-0,57

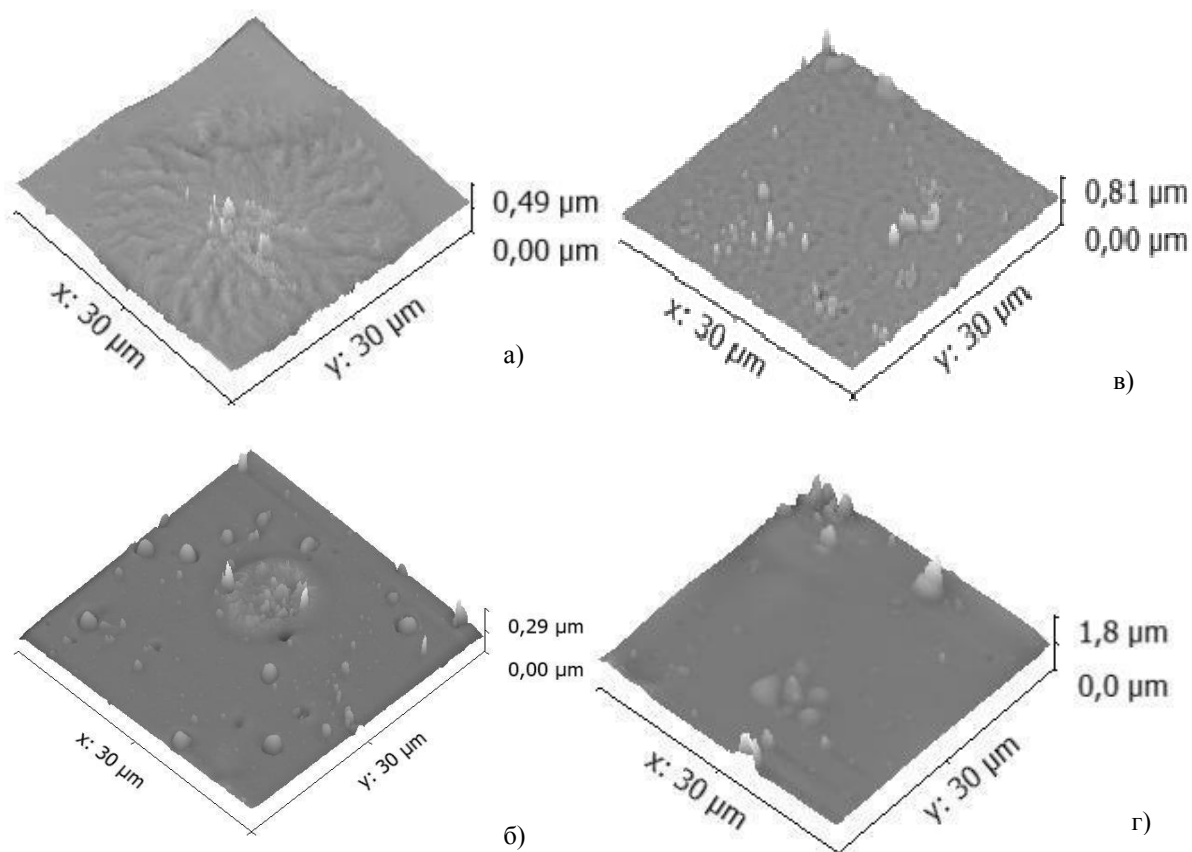


Рис. 1. АСМ изображения а) исходный образец, б) плазма 30 сек, в) плазма 60 сек г) плазма 90 сек

Закключение. Таким образом, стерилизация низкотемпературной плазмой атмосферного давления на пленки на основе ПМК в режиме в течении 30 секунд является приемлемой для пленок ПМК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lopes M. S., Jardim A. L., Maciel Filho R. Poly (lactic acid) production for tissue engineering applications // Procedia Engineering. – 2012. – V. 42. – P. 1402-1413.
2. Sangsanoh P., Waleetorncheepsawat S., Suwantong O., Wutticharoenmongkol P. In vitro biocompatibility of schwann cells on surfaces of biocompatible polymeric electrospun fibrous and solution-cast film scaffolds // Biomacromolecules. – 2007. – V. 8. – № 5, – P. 1587 – 1594.
3. Ramot Y., Haim-Zada M., Domb A. J., Nyska A. Biocompatibility and safety of PLA and its copolymers // Advanced drug delivery reviews. – 2016. – V. 107. P.153 – 162.
4. Каарова Е. А. и др. Клиническая эффективность персонализированной клеточной терапии заболеваний эндотелия роговицы //Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2011. – V. 11. – №. 2. – P. 45-49.
5. Chu P. K. et al. Plasma-surface modification of biomaterials // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2002. – V. 36. – №. 5. – P. 143-206.