

**ВЛИЯНИЕ  $\gamma$ - СТЕРИЛИЗАЦИИ НА СМАЧИВАЕМОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ  
ЭНЕРГИИ ТМ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ  
ПЛАЗМЫ**

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: [katerinabosix@mail.ru](mailto:katerinabosix@mail.ru)

**INFLUENCE OF  $\gamma$ - STERILIZATION ON THE PET TRACK MEMBRANES WETTING  
PROPERTIES AND SURFACE ENERGY AFTER LOW TEMPERATURE ATMOSPHERIC  
PLASMA TREATMENT**

E.O. Filippova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.F. Pichugin  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: [katerinabosix@mail.ru](mailto:katerinabosix@mail.ru)

***Abstract.** The research work illustrated the results of the sterilization influence on the track membrane surface changes after plasma modification. The results showed that sterilization didn't change the contact angle and surface energy.*

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) является одним из наиболее часто применяющихся полимеров, широко зарекомендовавший себя в качестве материала для изготовления трековых мембран (ТМ). Так как величина его поверхностной энергии мала ( $\sim 32$  мДж/м<sup>2</sup>) [1], то его поверхностные свойства, такие как степень гидрофильности не всегда удовлетворяют необходимым требованиям. Особенно это важно в случае его использования в качестве биомедицинского имплантата, в связи с чем приходится использовать различные методы модификации поверхности материалов, в том числе плазмо-химические методы. Однако необходимо учитывать, что методы стерилизации, используемые в медицинской практике, могут существенно менять полученные после модификации поверхностные свойства материала, такие как смачиваемость и значение поверхностной энергии.

**Цель исследования** – рассмотреть влияние  $\gamma$ -стерилизации на смачиваемость и значение поверхностной энергии ТМ после воздействия атмосферной низкотемпературной плазмы.

**Материалы и методы исследования.** Трековые мембраны из ПЭТФ были получены путем облучения полимерной пленки пучком ионов  $^{40}\text{Ar}^{+8}$  с максимальной энергией 41 МэВ. Щелочное травление осуществлялось в водном растворе NaOH с 1.5 N концентрацией при температуре  $77 \pm 5^\circ\text{C}$ , в результате чего были получены мембраны с диаметром пор 0,55 мкм плотностью  $5 \cdot 10^6$  пор/см<sup>2</sup>. Для определения размеров и поверхностной плотности пор в трековых мембранах использовались изображения поверхности мембран, полученные при помощи электронного микроскопа Hitachi S3400N Type II.

Модификация поверхности трековых мембран проводилась с использованием экспериментальной установки атмосферной низкотемпературной плазмы. Для стерилизации мембран использовали статическое гамма-излучение радионуклида  $^{60}\text{Co}$ . Облучение проводили на установке «Исследователь» с цилиндрической рабочей камерой. Неоднородность мощности дозы (неоднородность дозного поля) в пределах аттестованного объема рабочей камеры диаметром 150 мм и высотой 240 мм не превышала 10%. Аттестация дозного поля проводилась по кремнию путем использования набора термолюминесцентных дозиметров. Уровень воздействия гамма-излучения задавался временем облучения и характеризовался экспозиционной дозой Gy(Si) и соответствовала 1 кГр. Углы смачивания деионизированной воды ( $\theta_w^\circ$ ) и глицерина ( $\theta_g^\circ$ ) измерялись методом сидячей капли при комнатной температуре  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  с помощью прибора «KRÜSS Easy Drop DSA 20» и специального программного обеспечения, точность измерения  $\pm 0,1^\circ$ . Контактный угол смачивания определялся на 1, 3, 7, 14, 21 сутки после стерилизации исходных и модифицированных плазмой образцов. Полная поверхностная энергия ( $\sigma_s$ ) рассматривалась в рамках модели Оуэнса-Вендта [3], как суперпозиция дисперсионной ( $\sigma_s^d$ ) и полярной ( $\sigma_s^p$ ) составляющих, которые вычислялись по методу Оуэнса-Вендта-Рабел-Кэлби (ОВРК) [3].

**Результаты и обсуждения.** На рисунке 1 представлено типичное электронно-микроскопическое изображение элемента поверхности мембраны.

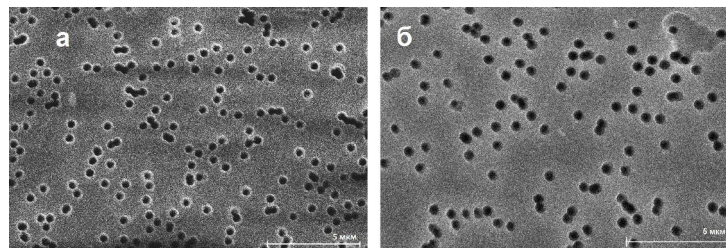


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение трековой мембраны: исходный образец (а) и после гамма-стерилизации (б)

Результаты измерения контактного угла смачивания показали, что среднее значение контактного угла  $= 72,0^\circ$ . Воздействие на поверхность ТМ атмосферной низкотемпературной плазмы приводит к резкому возрастанию степени гидрофильности поверхности, краевой угол смачивания уменьшился на  $40^\circ - 43^\circ$  (56%), среднее значение  $\theta = 29^\circ$ .

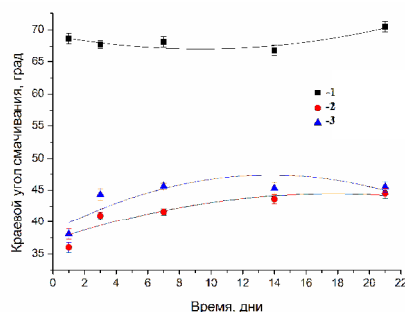


Рис. 2. Зависимость величины краевого угла смачивания трековой мембраны после плазменного воздействия и гамма стерилизации от времени хранения. Линии: 1- исходные; 2 - плазменное воздействие 60 секунд; 3 – плазменное воздействие 30 секунд.

Результаты исследования влияния плазменной обработки и  $\gamma$ -облучения на величину смачивания ТМ представлены на рисунке 2, из которого видно, что стерилизация ТМ  $\gamma$ - излучением радионуклидов  $^{60}\text{Co}$  влияет на величину угла смачивания поверхности исходной ТМ крайне незначительно, а хранение образцов в течение 22 суток также не приводит к каким-либо заметным изменениям контактного угла.  $\gamma$ -стерилизация плазменно-модифицированных образцов ТМ не оказывает заметного влияния на величину контактного угла в сравнении со значениями нестерилизованных плазменно-обработанных образцов. Динамика изменения угла смачивания последовательно плазменно-модифицированных и  $\gamma$ -стерилизованных ТМ в зависимости от времени хранения показывает некоторое увеличение контактного угла (на  $10^\circ$  - $12^\circ$  и составляет при дозе  $1 \text{ kGy}$   $\theta = 44,5^\circ$ ) в первые три дня хранения. Дальнейшее хранение не приводит к заметному его изменению в течение последующих 20 дней.

Воздействие плазмы на ТМ приводит к значительному, более чем в 4 раза, увеличению поверхностной энергии, причем это увеличение связано с ростом полярной составляющей  $\sigma_s^p$  полной энергии и составляет  $131,53 \text{ мДж/м}^2$  (время обработки плазмой 30 секунд). Последующее  $\gamma$  - облучение плазменно-модифицированных ТМ дозой  $1 \text{ кГр}$  незначительно уменьшает поверхностную энергию до  $110,3 \text{ мДж/м}^2$ . Следует отметить, что вклад дисперсионной составляющей в полную поверхностную энергию плазменно-обработанных образцов как до, так и после стерилизации не превышает 7%.

Таким образом, воздействие плазмы приводит к резкой гидрофиллизации поверхности ТМ, что выражается в снижении значений краевого угла смачивания. Последующий процесс стерилизации не фактически не влияет на величины  $\theta$  и полной энергии поверхности исходных (не обработанных плазмой) образцов и плазменно-модифицированных мембран.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронюк А.В., Придатко А.В., Сиволапов П.В., Свицерский В.А. Особенности оценки смачивания полимерных поверхностей // Технологии органических и неорганических веществ, Восточно-Европейский журнал передовых технологий ISSN 1729-3774 1/6 ( 67 ). – 2014 С. 23 – 26.
2. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том IV/Под ред. В.Е. Фортова М.: Наука. – 2000. – 386 с.
3. Owens, D. Estimation of the Surface Free Energy of Polymers // D. Owens, R. Wendt // J. Appl. Polym. Sci. – 1969. – № 13. – P. 1741-1747.