

## БИОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 616-089.48

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЦЕТАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МЕМБРАН РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

**И.П. Сторожук<sup>1</sup>, Г.Е. Бордина<sup>2</sup>, Н.П. Лопина<sup>2</sup>, Р.Н. Чирков<sup>3</sup>,  
В.В. Артамонов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова  
Российской академии наук

Тверская государственная медицинская академия

<sup>2</sup>Кафедра химии

<sup>3</sup>Кафедра факультативной хирургии с курсом онкологии

Изучены механические свойства сухих и набухших в воде образцов ацетатцеллюлозных мембран марок МФАС М-1, МФАС М-3, МФАС П-4, МУСА-6П. Показано, что по прочностным характеристикам в набухших состояниях, гидрофильности и пористости для создания хирургического мембранного ленточного дренирующего устройства из изученных образцов более всего подходит армированная мембрана марки МУСА-6П.

**Ключевые слова:** *ацетатцеллюлозная мембрана, гидрофильность, пористость, прочность.*

Ацетаты целлюлозы (АЦ) – первый материал, из которого начали изготавливать мембраны для всех мембранных процессов [1–3]. Это синтетический полимер [4; 5], получаемый из природной целлюлозы. Он отличается низкой стоимостью и относительно высокой биологической инертностью. Мембраны из АЦ гидрофильны и характеризуются низкой загрязняемостью. Применяются также диацетат целлюлозы, триацетат целлюлозы, регенерированная целлюлоза или смесь этих веществ. В настоящее время АЦ мембраны выпускаются на подложке из бумаги из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) или полипропилена, что существенно улучшило их характеристики.

В качестве объектов для исследования были выбраны следующие ацетатцеллюлозные мембраны: МФАС М-1, МФАС М-3, МФАС П-4, МУСА-6П. Выбирали образцы наиболее востребованных и постоянно имеющихся в наличии ацетатцеллюлозных мембран. Исследуемые мембраны имели различные размеры пор (МФАС М-1, МФАС М-3, МФАС П-4) и один образец был с упрочняющей подложкой (МУСА-6П).

#### Мембраны типа МФАС-М

Микрофилтрационные мембраны типа МФАС-М – микропористый пленочный материал, изготовленный на основе смеси ацетатов целлюлозы с размером пор от 0,4 до 2,0 мкм и общей пористостью 80–85%.

Эти мембраны нетоксичны, выпускаются без подложки в виде ленты шириной до 950 мм или в виде дисков различного диаметра (35, 47, 142, 293 мм).

Марки мембран: МФАС М-1, МФАС М-2, МФАС М-3. Средний диаметр пор от 0,4 до 2,0 мкм в зависимости от производительности. Производительность по дистиллированной воде при  $P = 0,05$  МПа мл/(см<sup>2</sup>.мин) – 20-39, 40-89 и 90-220. Минимальное давление проскока пузырька через смоченную водой мембрану, Мпа – 0,2, 0,1 и 0,05.

#### Мембраны типа МФАС-П

Мембраны типа МФАС-П – микропористый пленочный материал, изготовленный на основе смеси ацетатов целлюлозы с размером пор от 0,05 до 4,5 мкм и общей пористостью 80–85%. Эти мембраны нетоксичны, выпускаются без подложки в виде ленты шириной до 950 мм или в виде дисков различного диаметра (35, 47, 142, 293 мм).

Марки мембран – МФАС П-1, МФАС П-2, МФАС П-3, МФАС П-4, МФАС П-5. Средний диаметр пор от 0,05 до 4,5 мкм в зависимости от производительности. Производительность по дистиллированной воде при  $P = 0,05$  МПа мл/(см<sup>2</sup>.мин) – 0,5-6, 6,1-26, 85-180, 181-450, 26,1-84,9. Минимальное давление проскока пузырька через смоченную водой мембрану, Мпа – «точка пузырька» 0,4, 0,3, 0,05, 0,03, 0,13.

#### Мембраны типа МУСА

Мембраны типа МУСА – микропористый пленочный материал, изготовленный на основе смеси ацетатов целлюлозы и армирующего подложечного материала. Эти мембраны устойчивы к деформационным, вибрационным нагрузкам и к гидравлическим ударам.

Марки мембран – МУСА-1П, МУСА-2П, МУСА-3П, МУСА-4П, МУСА-5П, МУСА-6П. Средний диаметр пор 0,1-0,2 мкм. Производительность по дистиллированной воде при  $P=0,05$  МПа, мл/(см<sup>2</sup>.мин) – 1-2 и 3-9. Производительность по дистиллированной воде при  $P=0,15$  МПа, мл/(см<sup>2</sup>.мин) – 0,03-0,15, 0,16-0,49, 0,50-1,00 и 1,10-2,00. Минимальное давление проскока пузырька через смоченную водой мембрану, Мпа – 0,3-0,4. Селективность мембраны по белковым компонентам, не менее 95%. Мембраны предназначены для использования в качестве фильтрующих материалов при санитарно-бактериологических, химических анализах питьевой воды, электрофорезе белков сыворотки крови.

При работе с мембранами следует соблюдать осторожность во избежание их механического повреждения, намоченные мембраны не должны высыхать (очевидно, из-за коробления при высыхании). Мембраны нетоксичны, взрывобезопасны, горючи, легко загораются от пламени. Стерилизуют мембраны методом автоклавирования при 120°С в течение 20–45 минут или кипячения в воде 10–15 минут.

Анализируя показатели производителя, свидетельствующие о невысоких прочностных показателях мембран и их возможном короблении в режиме «сухой–мокрый–сухой», было принято решение об исследовании

довании механических свойств мембран в сухом и набухшем в воде состоянии. Для этого образцы мембран размером 12x70мм взвешивали и помещали в дистиллированную воду на несколько суток.

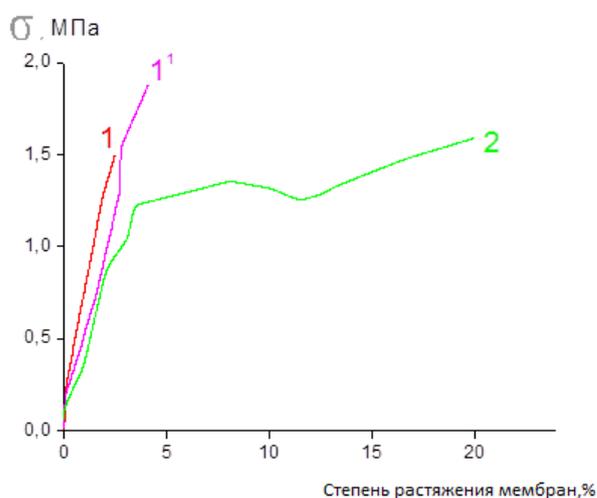
Было обнаружено следующее:

1. В сухом состоянии мембраны легко заминаются с образованием заломов, в набухшем – они более эластичны.

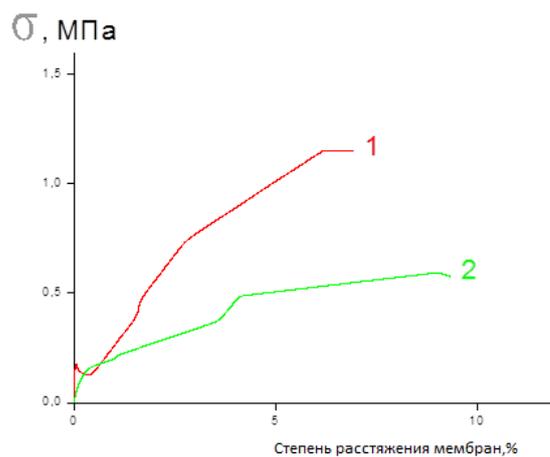
2. Смачивание и насыщение водой пористых мембран происходит быстро, буквально в течение 1-2 минут.

3. Выход на равновесное состояние при набухании мембран в дистиллированной воде завершается в течение 6-8 часов.

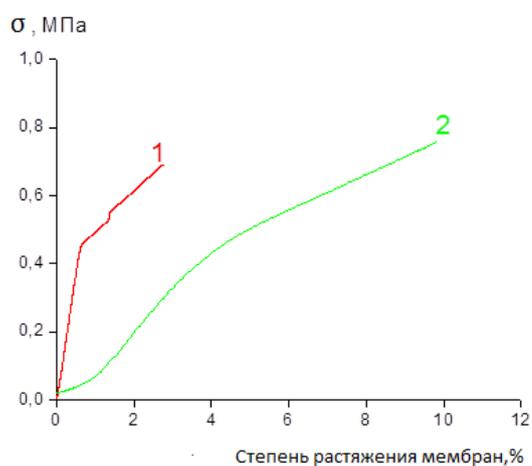
Механические свойства сухих и набухших в воде образцов определяли на универсальной машине «LR5K Plus» (производитель «LLOYD INSTRUMENTS»). Образцы полосок имели ширину 12-15мм, расстояние между зажимами составляло 30-40мм, скорость растяжения образцов составляла 30 мм/мин. Результаты измерений приведены на рисунках 1–4 и в таблице.



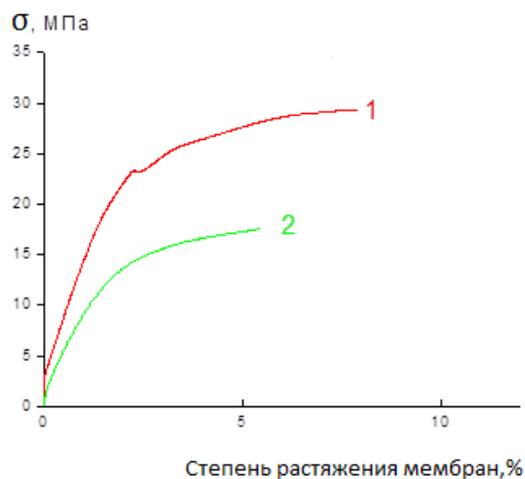
Р и с . 1. Кривые растяжения мембран МФАС М-1 в сухом виде (кривые 1 и 1') и в набухшем в воде состоянии (кривая 2.)



Р и с . 2. Кривые растяжения мембран МФАС М-3 в сухом виде (кривая 1) и в набухшем в воде состоянии (кривая 2.)



Р и с . 3. Кривые растяжения мембран МФАС П-4 в сухом виде (кривая 1) и в набухшем в воде состоянии (кривая 2)



Р и с . 4 - Кривые растяжения мембран МУСА-6П в сухом виде (кривая 1) и в набухшем в воде состоянии (кривая 2)

Механические свойства ацетатцеллюлозных мембран при разрыве в сухом и мокром состоянии

№ п/п	Образец мембраны	Толщина мембраны, мкм	$\sigma_p$ , МПа	$\epsilon_p$ , %
1.	МФАС М-1 сухая	161	1,7	2,5
2.	МФАС М-1 сухая	161	1,9	4,1
3.	МФАС М-1 мокрая	175	1,6	20,0
4.	МФАС М-3 сухая	160	1,1	6,9
5.	МФАС М-3 мокрая	180	0,6	9,0
6.	МФАС П-4 сухая	154	0,7	2,8
7.	МФАС П-4 мокрая	165	0,7	10,0
8.	МУСА-6П сухая	135	29,3	7,8
9.	МУСА-6П мокрая	144	17,2	6,2

Как видно из рис. 1–4, для мембран без подложки набухание в воде приводит к увеличению относительного удлинения при разрыве в несколько раз по сравнению с аналогичными, но сухими образцами. Прочность набухших мембран при разрыве снижается незначительно. На кривых растяжения наблюдаются изломы, отражающие явления образования шеек при растяжении полимерных образцов и ориентационного упрочнения.

При растяжении сухой пленки армированного образца МУСА-6П на кривой растяжения четко фиксируется момент разрыва верхнего слоя

мембраны при 25МПа и относительном удлинении 3%. Для мокрого образца кривая растяжения имеет совсем иной характер: она плавная и без переходов. Показатели прочности и удлинения снижены по сравнению с сухим образцом, но остаются на высоком уровне по сравнению с неармированными мембранами.

Таким образом, по прочностным характеристикам в набухшем состоянии, гидрофильности и пористости для создания мембранного ленточного дренирующего устройства из изученных образцов более всего подходит армированная мембрана марки МУСА-6П.

#### Список литературы

1. Брик М.Т. Энциклопедия мембран: в 2-х т. М.: Изд.дом «Киево-Могилянская академия», 2005. 660 с.
2. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии. М.: ДеЛи принт, 2007. 280 с.
3. Baker R.W. Membrane technology and applications. John Wiley & Sons, 2004.
4. Кестинг Р.Е. Синтетические полимерные мембраны / пер. с англ. под ред. В.К. Ежова М.: Химия, 1991. 336 с.
5. Дубяга В.П., Перепечкин Л.П., Каталевский Е.Е. Полимерные мембраны. М.: Химия, 1981. 232с.

#### MECHANICAL PROPERTIES OF VARIOUS TYPES OF CELLULOSE ACETATE MEMBRANES

**I.P. Storozhuk<sup>1</sup>, G.E. Bordina<sup>2</sup>, N.P. Lopina<sup>2</sup>, R.N. Chirkov<sup>3</sup>,  
V.V. Artamonov<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>*Institute of Organoelement Compounds named after A.N. Nesmeyanov  
Russian Academy of Sciences  
Tver State Medical Academy*

<sup>2</sup>*Department of Chemistry*

<sup>3</sup>*Department of Surgery with the course optional Oncology*

The mechanical properties of dry and water-swollen samples of cellulose acetate membranes brands MFAS M-1, M-3 MFAS, MFAS P-4, MUSA-6P. It is shown that the strength characteristics in the swollen state, hydrophilicity and porosity of the membrane to create a belt of the drainage device of the studied samples is the most suitable reinforced membrane brand MUSA-6P.

**Keywords:** cellulose acetate membranes, hydrophilicity, porosity, strength.

*Об авторах:*

СТОРОЖУК Иван Павлович – доктор химических наук, руководитель группы «Синтез полимеров», Институт элементоорганических соединений им. А.Н.Несмеянова академии наук Российской Федерации, [storozhuk-ip@inbox.ru](mailto:storozhuk-ip@inbox.ru)

БОРДИНА Галина Евгеньевна – кандидат биологических наук, доцент, Тверская государственная медицинская академия, кафедра химии, [gbordina@yandex.ru](mailto:gbordina@yandex.ru)

ЛОПИНА Надежда Петровна – кандидат химических наук, доцент, Тверская государственная медицинская академия, кафедра химии, [gbordina@yandex.ru](mailto:gbordina@yandex.ru)

ЧИРКОВ Роман Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, Тверская государственная медицинская академия, кафедра факультативной хирургии с курсом онкологии, [chirkov-roman@mail.ru](mailto:chirkov-roman@mail.ru)

АРТАМОНОВ Виталий Валерьевич – клинический ординатор, Тверская государственная медицинская академия, кафедра факультативной хирургии с курсом онкологии, [chirkov-roman@mail.ru](mailto:chirkov-roman@mail.ru)