

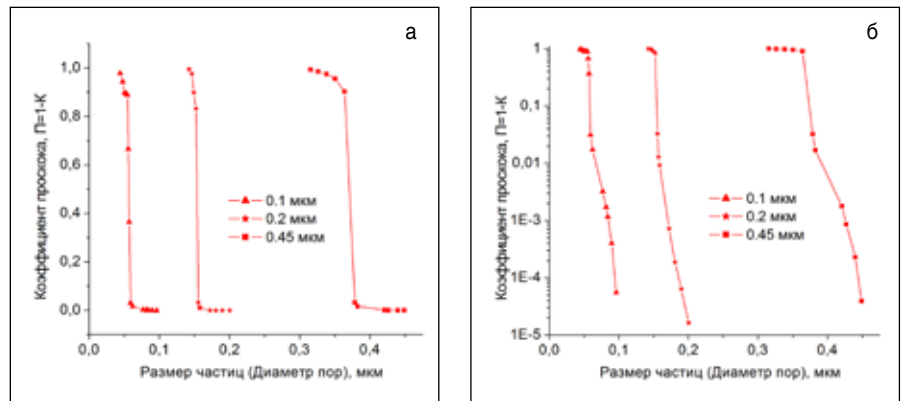
# Первая отечественная мембрана из полиэфирсульфона

**Е. Ю. Астахов**, к.х.н., заместитель директора по научной работе,  
**А. Ю. Котова**, к.б.н., заместитель директора по маркетингу,  
 ООО «Экспресс-Эко»

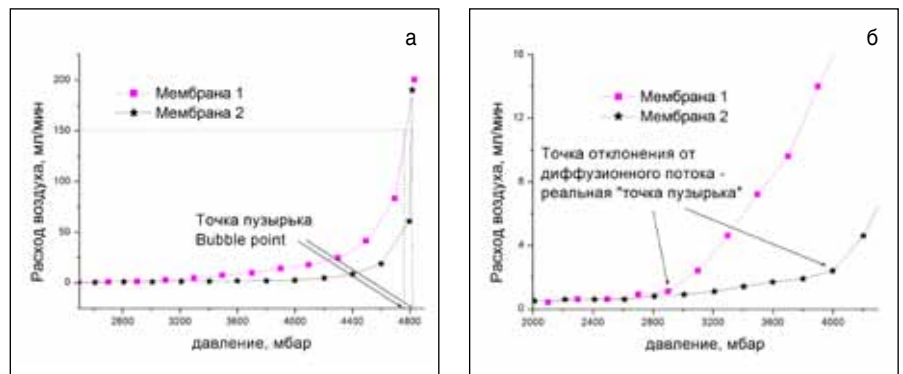
Потребность винодельческой индустрии в качественных, термически и химически стойких мембранах ни у кого не вызывает сомнения. До настоящего времени отечественные производители полностью зависели от импортных поставщиков, поскольку отечественные фирмы, и ООО «Экспресс-Эко» в том числе, могли предложить или капроновую мембрану (наилон-6, полиамид), или мембрану на основе фторопласта-42 на подложке из полипропилена. Несмотря на все достоинства фильтрующих элементов на основе вышеназванных материалов, они являются термически нестойкими и подвергаются быстрой деградации при термической стерилизации.

Осознавая острую потребность отечественных производителей в качественной и недорогой мембране, специалисты ООО «Экспресс-Эко» более 4 лет разрабатывали технологию получения микрофильтрационных мембран на основе полиэфирсульфона. Растущая востребованность мембран из этого материала обусловлена высокой механической прочностью полимера, достаточно высокой химической стойкостью и высокой температурой стеклования (220 °С), что позволяет стерилизовать мембрану и изделия из нее острым паром и подвергать промывкам горячей водой с реагентами.

Для производства мембран спроектирована и изготовлена установка непрерывного действия ленточного типа. В основе принципа получения мембран лежит метод фазового распада, инициированного парами осадителя – воды (vapor induced phase separation). Установка имеет узел подготовки и транспортирования раствора полимера, фильеру для полива раствора на движущуюся ленту, климатическую камеру, ванну осаждения, отмывки и термостабилизации, зону сушки и приемное устройство готовой мембраны. Вся установка находится в чистой зоне, уровень чистоты по взвешенным в воздухе частицам



**Рис. 1.** Зависимости коэффициента проскока частиц от их размера (поточные распределение пор) в нормальном масштабе (а) и в логарифмическом масштабе (б)



**Рис. 2.** Кривые тестов мультидиффузии двух полиэфирсульфоновых мембран размером 250x250 мм с рейтингом 0,2 мкм с указанием алгоритма определения «точки пузырька» (а) и реальной «точки пузырька» (точки отклонения от диффузионного потока) (б)

составляет не ниже класса 3 ИСО по ГОСТ Р ИСО 14644-1-2000.

В настоящее время освоен серийный выпуск мембран в полотне и мембранных фильтрующих элементов на их основе. Выпускается гидрофильная мембрана из полиэфирсульфона с рейтингами фильтрации 0,2, 0,45 и 0,65 мкм. Мембраны характеризуются коэффициентом задержания (К) частиц, размер которых больше рейтинга фильтрации, не менее 0,9999. Коэффициент проскока (П) частиц, размер которых больше рейтинга фильтрации, связан с коэффициентом (К) и определяется формулой  $P = 1 - K$ . Оче-

видно, что  $P = 0,0001$  при  $K = 0,9999$ . Общепринята практика отождествлять зависимость коэффициента проскока от размера частиц с потоковым распределением пор, определяемым методом проницаемости (Мулдер М. Введение в мембранную технологию / Пер. с англ. под ред. Ю. П. Ямпольского, В. П. Дубяги. М.: Мир, 1999, с.177; Брок Т. Мембранная фильтрация / Пер. с англ. – М.: Мир, 1987, стр.72).

На рис. 1 показаны зависимости коэффициента проскока (другими словами, потоковые распределения пор) от диаметра задерживаемых частиц для выпускаемых микрофильтрацион-

ных мембран из полиэфирсульфона с рейтингами 0,2, 0,45 и 0,65 мкм.

Методика измерения максимального размера пор лежит в основе определения рейтинга фильтрации мембраны. Обычно максимальный размер пор оценивают по «точке пузырька» (bubble point), не уточняя алгоритм определения. На рис. 2 показаны кривые тестов мультидиффузии, полученные на приборе «Сарточек-3», для двух полиэфирсульфоновых мембран размером 250х250 мм с рейтингом фильтрации 0,2 мкм.

Прибор определяет «точку пузырька» при расходе воздуха около 150 мл/мин. По этому показателю «точки пузырька» для обеих мембран близки и составляют около 4800 мбар = 0,48 МПа. Однако действительный максимальный размер пор соответствует давлению смены режима расхода воздуха с диффузионного на объемное течение. Это происходит, как видно на рис 2,б, для мембраны 1 при 0,29 МПа и для мембраны 2 при 0,4 МПа. Эти значения давления – реальные значения «точки пузырька». Мембрана 1 и патронный элемент из нее не будут иметь стерили-

**Таблица 1.** Технические характеристики полиэфирсульфоновых мембран производства ООО «Экспресс-Эко» марки МФМ-555

Характеристика	Значение характеристик		
Смачиваемость водой, угол смачивания	Гидрофильная, $\theta=65^\circ$		
Рейтинги фильтрации, мкм	0,1	0,2	0,45
«Точка пузырька» по воде, МПа	>0,82	>0,46	>0,28
Точка отклонения от диффузионного потока, МПа	>0,75	>0,4	>0,25
Пористость, %	71	74	78
Удельная производительность по воде, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·ч·атм)	7	18	40
Прочность на разрыв, МПа	6,5	5,5	4,0
Разрывное удлинение, %	20–25		

**Таблица 2.** Сравнение характеристик мембран с рейтингом фильтрации 0,2 мкм производства ООО «Экспресс-Эко» и Membrana GmbH (Германия).

Характеристика	Производитель		
	ООО «Экспресс-Эко»	Membrana GmbH	
Марка мембраны	МФМ-555	MicroPES	DuraPES
«Точка пузырька», МПа	> 0,48	> 0,43 (>0,46)	> 0,43 (>0,47)
Реальная «точка пузырька», МПа	> 0,4	> 0,29	> 0,33
Удельная производительность по воде, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·ч·атм)	18±2	21 (18±4)	25 (23±4)
Напряжение при разрыве, МПа	5,5±0,5	6±1	5,5±0,5
Удлинение до разрыва, %	23±2	30±5	35±5

Примечание. Черным шрифтом представлены результаты наших измерений, красным – заявленные показатели германской фирмы



**ОБНИНСКИЕ ФИЛЬТРЫ  
ЭКСПРЕСС-ЭКО**

249039, Россия, Калужская обл., г. Обнинск, а/я 9086,  
тел/факс: (48439) 60708, 60224, e-mail: filter@express-eco.ru, www.express-eco.ru

## ОПТИМАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

- ◆ Контрольная фильтрация вин, водок и коньяка перед розливом
- ◆ Перефильтрация вин при хранении
- ◆ Обеспложивающая мембранная фильтрация - «холодная пастеризация»
- ◆ Тонкая и стерилизующая фильтрация воды
- ◆ Стерилизующая фильтрация воздуха, углекислоты и азота
- ◆ Очистка технологического пара
- ◆ Фильтрация сахарного сиропа
- ◆ Дыхательные фильтры на емкости
- ◆ Стабилизация коньяка от кальциевых помутнений

На все изделия имеются гигиенические сертификаты для использования в пищевой промышленности, а также сертификат соответствия системы сертификации ГОСТ Р Госстандарта России.

**Таблица 3.** Техничко-эксплуатационные характеристики фильтрующих элементов производства ООО «Экспресс-Эко» марки ЭФП-555 высотой 250 мм и площадью мембраны 0,7 м<sup>2</sup>

Характеристика	Марка элемента		
	ЭФП-555-0,1/L-250	ЭФП-555-0,2/L-250	ЭФП-555-0,45/L-250
Рейтинги фильтрации, мкм	0,1	0,2	0,45
«Точка пузырька» по воде, МПа	>0,78	>0,44	>0,26
Точка отклонения от диффузионного потока, МПа	>0,72	>0,38	>0,23
Удельная производительность по воде, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·ч·атм)	2,5	6	12
Максимальная температура длительной эксплуатации, °С	100		
Максимальный перепад давления в направлении фильтрации	0,4 МПа до 30 °С, 0,2 МПа до 100 °С		
Количество циклов паровой стерилизации: при 121 °С в течение 45 мин при 140 °С в течение 20 мин	Не менее 30 Не менее 15		

лизирующего назначения, в то время как мембрана 2 и патронный элемент из нее будут обеспечивать стерилизующую фильтрацию.

В табл. 1 представлены технические характеристики выпускаемых мембран. Высокая пористость мембран (более 70 %) обеспечивает достаточно высокую их производительность по жидкости.

Было проведено сравнительное тестирование мембран производства ООО «Экспресс-Эко» с доступными нам образцами мембраны производства фирмы Membrana GmbH (Германия). Показатели мембран достаточно близки (табл. 2). Таким образом, выпускаемые мембраны на основе полиэфирсульфона по своим технико-эксплуатационным характеристикам соответствуют мировым стандартам.

Следует обратить внимание на то, что значения реальной «точки пузырька» мембраны марки МФМ-555 существенно выше соответствующих показателей для импортных мембран.

Достаточная механическая прочность позволяет гофрировать мембраны без нарушения их целостности. В табл. 3 представлены технико-эксплуатационные характеристики фильтрующих элементов ЭКОПОР-PES на основе полиэфирсульфоновой мембраны.

Существенным преимуществом фильтрующих элементов на основе полиэфирсульфона является их стойкость в горячих щелочных и кислотных растворах, что обеспечивает возможность проведения многократных химических регенераций фильтрационных систем и CIP-моек при температурах

до 90 °С. Промывка мембранных элементов практически полностью восстанавливает их ресурс и позволяет эксплуатировать мембранные системы продолжительное время.

Системы с мембранами ЭКОПОР-PES на основе полиэфирсульфона можно также обрабатывать острым паром в линии при температуре до 134 °С, что важно для обеспечения стерильности оборудования при «холодном» розливе вин и розливе тихих вод.

Термическая стойкость фильтроэлементов ЭКОПОР-PES позволяет проводить обеспложивающую фильтрацию сахарного сиропа, который зачастую фильтруется в горячем состоянии. Использование мембран с меньшими температурными пределами эксплуатации приводит к их быстрой деградации и разрушению.

Таким образом, высокая эффективность фильтрации и термохимическая стойкость мембранных элементов марки ЭКОПОР-PES позволяют использовать их для:

- обеспложивающей фильтрации вин при «холодном» розливе;
- стерилизующей фильтрации тихих бутилированных вод;
- обеспложивающей фильтрации сахарного сиропа;
- осветляющей фильтрации вин при «горячем» розливе.

Необходимо отметить, что стоимость мембранных элементов на основе новой мембраны из полиэфирсульфона существенно ниже стоимости импортных фильтрующих элементов. 💧