

## **МЕМБРАНЫ В ВОДОПОДГОТОВКЕ И ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД. МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Малышев В.В., Каталевский Е.Е., Кононова С.В.

*Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова, г.Санкт-Петербург*

*ЗАО «ВЛАДИСАРТ», г.Владимир*

*НИИ высокомолекулярных соединений РАН, г.Санкт-Петербург*

Резюме: Нами рассмотрено современное состояние в сфере мембранных технологий применительно к потребностям водоподготовки и очистки сточных вод. Дана, на наш взгляд, общая оценка медико-экологической эффективности применению мембран в экологии и медицине. Рассмотрены основные преимущества мембран для микрофльтрации и ультрафльтрации, а так же перспективы использования новых мембран на основе новых материалов. Нами проводились исследования ряда мембран на основе ароматических полиамидоимидных соединений (ПАИ) с использованием ротавирусной модели. Вследствие хорошей растворимости ПАИ в амидных растворителях формирование асимметричных мембран на их основе возможно в одну стадию с применением водной осадительной ванны. Кроме того, нами апробирован целый ряд мембран производства ЗАО «ВЛАДИСАРТ» в интересах экологии и безопасного водопользования.

Мембранные технологии играют огромную роль в процессе проведения исследований связанных с экологией и здоровьем населения. Различные мембраны широко используются для фльтрации патогенов из объектов внешней среды, (поверхностные водоемы, сточные воды и т.д.) для последующей их детекции и разработки адекватных мер профилактики заболеваемости, что особенно важно для промышленных регионов, где риски биологического загрязнения объектов среды возрастают. Постоянное развитие мембранных технологий ведет к повышению качества и скорости исследований, что неоспоримо важно для охраны здоровья населения [2,3,8]

Все мембраны могут быть разделены на два типа: пористые и непористые. Для фльтрации бактерий и вирусов чаще всего используют пористые мембраны для микрофльтрации (поры >50нм) и ультрафльтрации (2 нм < размер пор < 50 нм). Использование непористых мембран с порами менее 2 нм для решения эпидемиологических задач нецелесообразно.

Морфология, а точнее, физическое состояние полимерного материала мембраны (кристаллический или аморфный, стеклообразный или высокоэластический) непосредственно определяет ее проницаемость. Свойства материала мембраны будут зависеть от температуры, состава разделяемой среды и т. д. [4]

Другим важным параметром мембраны является ее поверхностная пористость, поскольку именно этот параметр в комбинации с толщиной верхнего слоя или длиной поры определяет поток через мембрану. Различные микрофльтрационные мембраны имеют широкий диапазон поверхностной пористости: 5-70%. В противоположность этому ультрафльтрационные мембраны обычно имеют очень низкую поверхностную пористость, не превышающую 0,1-1%.

Микрофльтрационные мембраны, как правило, показывают относительно высокий поток и хорошее удержание вирусных частиц за счет электростатических взаимодействий. Однако размер пор микрофльтров часто намного больше, чем размер многих вирусов, что ограничивает их применение. В ряде случаев, возникает необходимость в использовании ультрафльтров с меньшим размером пор. Ультрафльтрационные мембраны также могут рассматриваться как пористые мембраны.

Однако их структура существенно более асимметрична по сравнению со структурой микрофильтрационных мембран. Ультрафильтрационные мембраны состоят из тонкого верхнего слоя, находящегося на пористой подложке, причем сопротивление массопереносу почти полностью определяется верхним слоем. Большинство промышленно производимых ультрафильтрационных мембран в настоящее время изготавливается из полимерных материалов методом инверсии фаз [4]

В практике наиболее распространены в настоящее время мембраны на основе полиамидных соединений - мембраны микропористые капроновые (ММК). Они представляют собой пористые пленки белого цвета, изготовленные мокрым способом формования с широким диапазоном размеров пор (от 0,1 до 3 мкм). Исследованиями, проведенными в ГОС НИИ ЭЧИГОС им. А. Н. Сысина, установлено, что модифицированные мембраны ММК+ способны при фильтрации зараженной воды задерживать до 100% колифагов и вирусов, например, вирус полиомиелита. Положительный заряд фильтров позволяет им удерживать не только вирусы, но и различные бактерии, токсины, микоплазму, пирогены, соответственно от 1 мкм и до молекулярного размера. Эти мембраны рекомендованы для обеззараживания воды, концентрирования и контроля содержания вирусов в водных объектах, депирогенизации водных растворов [5,6,7]

Нами, совместно со специалистами Института высокомолекулярных соединений проводились исследования ряда мембран на основе ароматических полиамидоимидных соединений (ПАИ) с использованием ротавирусной модели. Исследования показали перспективность использования ароматических полиамидоимидов для создания фильтров для целей экологических и медицинских исследований. Вследствие хорошей растворимости ПАИ в амидных растворителях формирование асимметричных мембран на их основе возможно в одну стадию с применением водной осадительной ванны. Кроме того, ПАИ характеризуются достаточно высокой термостабильностью и инертны к большинству органических растворителей. Это позволяет изменять структуру полученной мембраны в процессе пост-обработки. Разработанный в Институте высокомолекулярных соединений РАН одностадийный способ синтеза ароматических полиамидоимидов позволяет получать полимеры с необходимыми вязкостными и прочностными характеристиками [1]. Это дало возможность формирования в условиях метода мокрого формования асимметричных диффузионных и ультрафильтрационных ПАИ-мембран различной морфологии, способные отделять ротавирусные частицы.

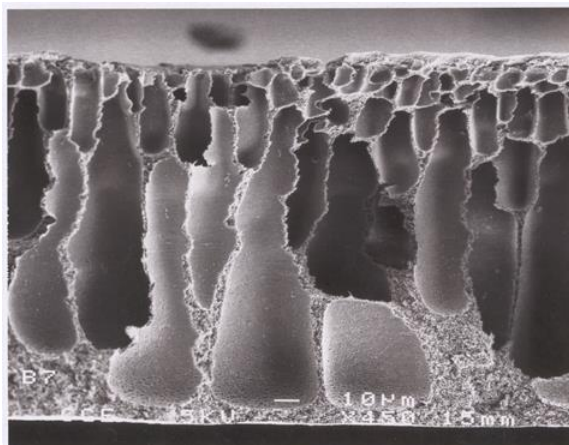
Нами созданы мембраны с оптимальной пористой структурой. Решающее значение имеют как размер пор, так и их плотность на единицу площади. При создании предформовочной композиции на основе полиамидоимидов нами использовались различные растворители (например N-метил-2-пирролидон), порообразователи (например этилацетат) в различных концентрациях, менялись условия формования. На процесс мокрого формования влияли: состав композиции, время предформования, температура формования, влажность, состав осадительной ванны.

В итоге образуется мембрана в виде пористой пленки пальцеобразной морфологии и ассиметричной пористой структуры. Верхний слой формируется более плотным (скин-слой), он имеет поры определяющие транспортные свойства мембраны. Толщина скин-слоя влияет на проницаемость мембраны, чем он толще, тем меньше будет поток, но чем он тоньше, тем меньше механическая прочность мембраны. Конечная толщина – компромисс между проницаемостью и механической прочностью, зависящий от условий и целей последующего использования мембраны.

Пальцеобразные поры пересекают всю мембрану от скин-слоя к противоположной стороне, такие поры чаще всего не очень устойчивы к нагрузкам и перепадам давления. В этом плане ПАИ обладает уникальной структурой позволяющей создавать механически прочные, упругие (хорошо восстанавливаются при деформации) мембраны с пальцеобразными порами.

Рис. 1 Электронная микрофотография низкотемпературного  
скола ПАИ-мембраны

Морфология мембраны также зависит от условий высушивания. При высушивании



мембрана сжимается и размер пор уменьшается. Чтобы этого избежать, если стоит необходимость сохранить больший размер пор, то высушивание мембраны проходит при натяжении.

Отдельным вопросом рассматривается техническая сторона водоподготовки и очистки сточных вод методом мембранной фильтрации, где имеет место, в том числе, широкое использование мембран ЗАО «ВЛАДИСАРТ».

Таким образом, анализ внедрения мембранных технологий в практику водоподготовки и очистки сточных вод в Российской Федерации, свидетельствует о значительном отставании от многих стран, где этими методами достигается очистка поверхностной, подземной и сточных вод до качества питьевой воды. Так в Сингапуре 1/3 питьевой воды в композиции «New Water» составляет прошедшая тщательнейшую очистку с использованием каскада мембран сточная вода (В.В.Малышев с соавт., 2010). Мы находимся на старте большого внедрения мембранных технологий в освещаемые на данной конференции области. Вне всякого сомнения, назрела необходимость объединения заинтересованных предприятий, специалистов в ассоциацию, связанную с разработкой, использованием готовых мембранных технологий и продвижением их в разные области народного хозяйства. Без активного участия этого сообщества невозможно широкое распространение этих технологий в России. И то, что организаторы данного научно-практического семинара – ООО «Мембранный центр» пригласил всех желающих обсудить это перспективное направление – это добрый знак для более тесного сотрудничества и продвижения мембранных технологий в стране.

Список литературы:

1. Кононова С.В., Кузнецов Ю.П., Ромашкова К.А., Кудрявцев В.В. Взаимосвязь условий формирования и структуры ассиметричных мембран на основе поли-дифенилоксида-N-фенилфтальимида. // Высокомолекулярные соединения. – Серия А. – том 48. - №49. – 2006. – с.1647-1654
2. Макаров. Д.А. Мембранные технологии в экологии и медицине. Современное состояние и перспективы. // Современные вопросы профилактической медицины: сб. науч. тр.

молодых ученых Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием «Охрана здоровья населения промышленных регионов: стратегия развития, инновационные подходы и перспективы», 28-30 окт. 2009 г., Екатеринбург, под ред. С.В. Кузьмина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2009. – С.159

3. Макаров Д.А., Малышев В.В., Кононова С.В. Мембранные технологии в медицине и экологии. // Методические проблемы изучения, оценки и регламентирования биологических факторов в гигиене окружающей среды. Материалы пленума.16-17 декабря 2009 г. // Под ред. акад. РАМН Ю.А.Рахманина. - С. 154

4. Малышев В.В., Чесноков В.А. Water Quality for Human Health and New Approaches to Disinfection of Drinking and Waste Water. Responding to Global Changes: The Water Quality Challenge-Prevention, Wise Use and Abatement/- World Water Week in Stockholm, September 5-11, 2010-P.117-118

5. Мулдер М. Введение в мембранную технологию // М.: Мир. – 1999 г.

6. Санамян А.Г., Р.А. Дмитриева, Т.В. Доскина, А.Е. Недачин, А.В. Тарасов, Ю.А.Федотов. Мембрана и мембранный модуль для вирусологического анализа воды // Критические технологии -Мембраны № 3 (27) 2005г. - с. 28-33.

7. Санамян А.Г. Оценка эффективности концентрирования вирусов из воды различного вида водопользования с использованием мембранной фильтрации // Использование мембранной технологии, Санкт-Петербург, 2005 г. - с. 72-73.

8. Leera Kittigul, Porntip Khamoun, Dusit Sujirarat et al. An Improved Method for Concentrating Rotavirus from Water Samples // Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 96: 000-000. - 2001