

## Вся правда о мембранах.

Добрый день! Сегодня я, Вадим Нагиев, расскажу вам о мембранах – что это такое, как они различаются, какими особенностями характеризуются.

**Мембраной** называют любой материал, который будучи изготовленным в форме тонкой пленки (0,05-2 мм), приобретает способность оказывать селективное сопротивление переносу различных компонентов жидкости или газа и, в силу этого, позволяет отделять некоторые компоненты (частицы, растворенные вещества или растворители) обрабатываемой жидкости.

Классификация мембран может основываться:

- на ее структуре
- на способе и режиме переноса через мембраны воды и растворенных в ней веществ
- на функции, исполняемой мембраной

Рис.1



Мембраны ультраfiltrации



Мембраны обратного осмоса

Рис.1 Мембраны ультраfiltrации и обратного осмоса

### **ФАКТ** Структура мембран влияет на ее предназначение

По своей структуре, мембраны могут быть однородными, асимметричными или композитными.

#### **Однородные мембраны**

Такие мембраны характеризуются однородностью структуры по всей толщине. Они могут быть пористыми или плотными.

Мембраны с однородной структурой используются в микроfiltrации.

Рис.2



Рис.2 Принципиальная схема структуры однородных, асимметричных и композитных мембран

### Асимметричные мембраны

Изготавливаемые из одного материала, асимметричные мембраны образованы двумя наложенными друг на друга слоями: наружной пленкой, имеющей очень малую толщину (0,1-1 мкм), и гораздо более толстым (100-300 мкм) подстилающим слоем, часто упрочняемым текстильной основой. Способность таких мембран к разделению в первую очередь определяется свойствами наружной пленки, тогда как подстилающий слой обеспечивает механическую прочность мембраны, не оказывая сопротивления переносу вещества.

В тех случаях, когда мембраны имеют форму полых волокон, такую пленку называют внутренней, если она покрывает внутренний слой волокна, и внешний – если она располагается на наружной стене волокна.

Мембраны с асимметричной структурой используются в ультрафильтрации, обратном осмосе и нанофильтрации.

### Композитные мембраны

Технологии, разработанные сравнительно недавно, позволяют формировать слой исключительно тонкой пленки на имеющейся пористой основе, которая сама по себе иногда тоже является асимметричной. Два соединяемых материала обычно имеют разную природу, что позволяет наилучшим образом использовать свойства каждого из них (механические свойства одного и селективность другого).

Так, мембраны для процессов осмоса, называемые тонкопленочными композитами, имеют очень тонкий (гораздо меньше 1 мкм) полупроницаемый слой из полиамида, нанесенный на подложку. Этой подложкой часто служат мембраны ультрафильтрации из полисульфона.

Композитные мембраны используются в ультрафильтрации, обратном осмосе и нанофильтрации.



**Механизм переноса компонентов через мембрану определяет ее предназначение**

Эти механизмы можно разделить на 4 группы: фильтрация, солюбилизация-диффузия, проникание (газов), диализ.

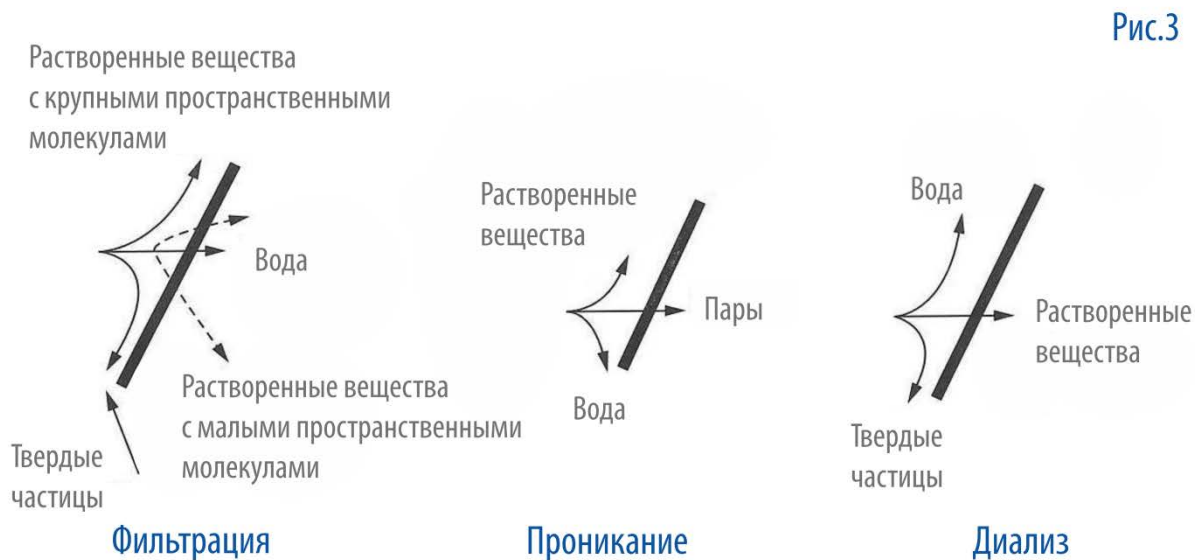


Рис.3 Механизмы переноса компонентов через мембраны

Тип переноса	Описание
Фильтрация	Раствор или суспензия разделяется в результате прохождения воды через мембрану (конвекционный перенос воды в пористой среде) и задерживания других компонентов жидкости на пористой поверхности мембраны в соответствии с размерами взвешенных частиц.
Солюбилизация-диффузия	Растворитель и растворимые формы химически соединяются с мембраной и диффундируют (мигрируют) в ней с различными скоростями под действием градиента давления и электрохимического потенциала. Разделение основано на различии скоростей диффузии.
Проникание (газов)	Газовую смесь можно разделить в результате селективного прохождения через мембрану одного из компонентов газовой фазы.
Диализ	В процессе диализа через мембрану (с большей или меньшей селективностью) проходят только растворенные формы. Вода (растворитель) мембрану не пересекает. Мембраны могут быть нейтральными или электрически заряженными. Если мембраны несут электрический заряд (пленкообразные материалы, сходные с ионообменными смолами), то они являются селективными по отношению к прохождению ионов противоположного знака. Таким образом, можно формировать катионные (пропускающие только катионы) или анионные (селективные к анионам) мембраны.

**3 ФАКТ** Можно выделить 6 основных функций мембран

По своим функциям мембраны делятся на мембраны обессоливания, осветления, дегазации, дистилляции, отделение пара и диализные мембраны

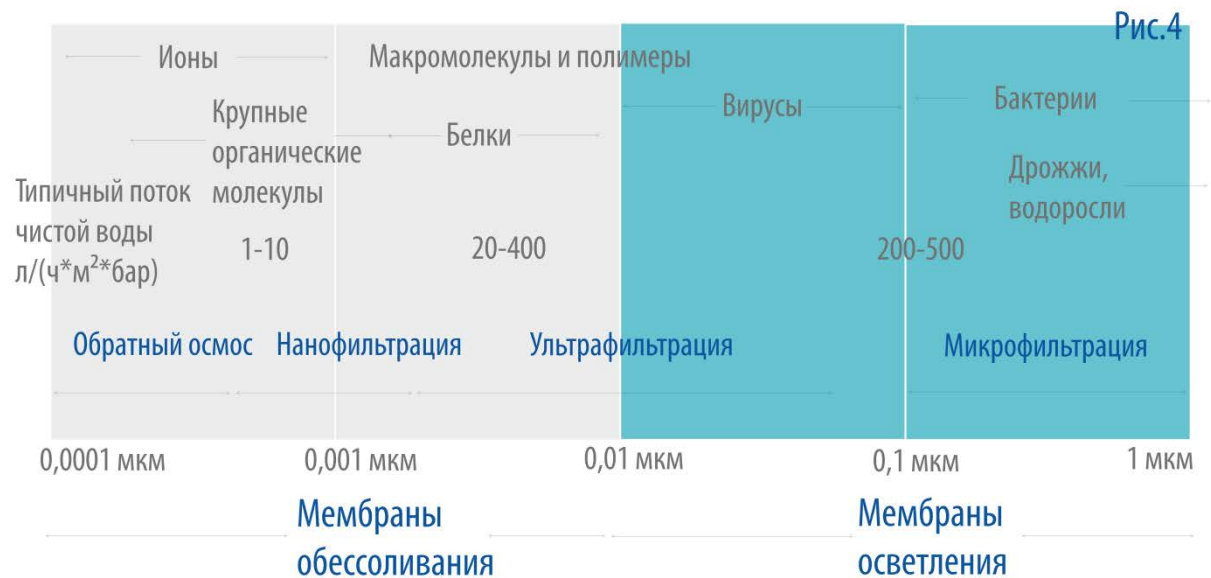


Рис. 4 Типы фильтрации на мембране

Функция	Описание
Обессоливание	Мембраны обессоливания, задачей которых является задержание ионов или растворенных органических веществ, не имеет пор. Вода проходит через мембрану, диффундируя внутри структуры полимера, который в данном случае гидрофилен и заполнен водой. Мембраны обессоливания подразделяются на мембраны обратного осмоса и нанофильтрации.
Осветление	Мембраны осветления имеют поры, видимые в электронный микроскоп. Под действием конвекции вода перемещается внутри пор, увлекая за собой растворенные вещества и частицы, размеры которых меньше размера пор (эффект сита). Мембраны осветления подразделяются на мембраны ультрафильтрации и микрофильтрации.
Дегазация (обескислороживание)	Под действием градиента давления (разрежения) или омывания выходной поверхности (химического градиента) мембрана, непроницаемая для воды, но проницаемая для кислорода, позволяет растворенному в воде кислороду мигрировать через себя в выходную камеру. При этом вода не входит в контакт с каким-либо десорбирующим газом или химическим реагентом, что устраняет опасность загрязнения воды. Такие мембраны используются в контурах сверхчистой воды для снижения содержания растворенного кислорода до уровня 1 ppb. Используемые в дегазации мембраны относятся к типу микропористых гидрофобных.
Дистилляция	Создавая частичное разрежение на выходной поверхности микропористой мембраны, можно построить систему, которая противодействует миграции жидкой фазы, циркулирующей по входной поверхности мембраны (при условии, что разность давлений на мембране остается меньше, чем капиллярное давление в ней). И вместе с тем позволяет парам воды проходить через эту мембрану. Конденсируясь, пары дают воду высокой чистоты – лишь другие летучие соединения способны проходить через мембраны вместе с ними. Такие

	мембраны применяются, например, при концентрировании производственных жидких отходов (токсичных и т.п.) перед их сжиганием или кристаллизацией.
Отделение пара	Для отделения пара используются композитные мембраны с плотной пленкой. Если на выходной поверхности такой мембраны создать разрежение, величина которого ниже упругости пара одной из форм, находящейся в растворе, контактирующем с входной поверхностью мембраны, то можно наблюдать селективный перенос через мембрану этой растворенной формы, перешедшей в газообразное состояние. Последующей конденсацией газа можно при необходимости выделить упомянутую форму. Это используется, например, при дегидратации спирта или удалении тригалогенметанов из питьевой воды.
Диализ	В процессе диализа через мембрану мигрируют растворенные формы, тогда как для воды она остается непроницаемой. Различные процессы диализа отличаются друг от друга природой движущей силы (разность давления, концентраций, электрических потенциалов) и типом используемой мембраны (пьезодиализ, простой диализ, электродиализ).

Рис.5



Рис. 5 Технологические процессы на основе проникновения через мембрану

Надеюсь, моя статья оказалась полезной. Если возникли вопросы или пожелания – пишите, я обязательно вам отвечу!



С уважением,  
**Нагиев Вадим**  
Технический специалист  
НПЦ ПРОМВОДОЧИСТКА

E-mail: [info@prom-water.ru](mailto:info@prom-water.ru)  
Тел.: +7 (831) 216-43-00  
8-800-1000-980

