

## Введение в ультрафильтрацию

### 1. Основы ультрафильтрации

В системах водоподготовки используются мембраны различной селективности. Так, обратноосмотические и нанофильтрационные мембраны используются для удаления растворенных в воде химических веществ, в то время как микрофильтрационные и ультрафильтрационные мембраны служат для удаления более крупных объектов, например макроскопических частиц и микроорганизмов, что наглядно показано на рисунке 1-1.



Рисунок 1-1. Спектр фильтрования

Обычно, в промышленных и муниципальных установках ультрафильтрации используются мембраны с размером пор около 0.02 микрон. Установки ультрафильтрации очищают воду от частиц, бактерий и вирусов, размеры которых превышают размеры пор мембраны. Стоит отметить, что системы микрофильтрации удаляют из воды лишь небольшое количество вирусов, не обеспечивая, таким образом, эффективный вирусный барьер. Механизм разделения методом ультрафильтрации и/или микрофильтрации отличается от принципов работы обычных устройств (или оборудования) для очистки воды, таких, например, как засыпные фильтры. Засыпные фильтры имеют существенно

большой номинальный размер пор и их работа основана на механизме гравитационного фильтрования.

По сравнению с обычным фильтрованием, при ультрафильтрации и микрофильтрации реализуется механизм отделения загрязнений на поверхности мембраны, этот процесс подобен тонкому просеиванию на сите с порами практически одинакового размера. Любая частица, размер которой превышает размер пор, отсекается. Это обстоятельство делает ультрафильтрацию чрезвычайно привлекательной технологией, т.к. качество обработанной воды удовлетворяет определенным абсолютным критериям и не зависит от качества исходной воды при условии сохранения целостности мембраны. Кроме высокой эффективности очистки и ее абсолютного характера для частиц, превышающих размер пор мембраны, ультрафильтрационное оборудование становится все более компактным, установки водоподготовки на его основе становятся все более высокоавтоматизированными и требуют все меньших затрат химических реагентов.

## 2. Типы мембран для ультрафильтрации

В системах водоподготовки могут использоваться ультрафильтрационные мембраны различных типов.

### Одноканальные /Многоканальные

Ультрафильтрационные мембраны изготавливают в виде плоских листов, или же - полых волокон. Мембраны первого типа используются, например, для обработки сильнозагрязненных сточных вод, мембраны с полыми волокнами используются в системах водоподготовки.

В большинстве случаев для ультрафильтрации применяются одноканальные волокна с внутренним диаметром 0.8 мм или меньше, для исходной воды с высоким содержанием взвешенных твердых веществ используются волокна с большим внутренним диаметром – до 1.5 мм.

Размер диаметра волокон является компромиссом между требующейся высокой плотностью упаковки, простотой обратной промывки, малой загрязняемостью, уровнем эксплуатационных затрат, высокой проницаемостью, и в то же время высокой механической прочностью, что обеспечивает целостность мембраны. Механическая целостность мембраны является критическим фактором и напрямую зависит от наличия поврежденных волокон. Вследствие их размеров, одноканальные волокна особенно хрупки к нагрузкам, которым они подвергаются во время частых циклов обратных промывок.

Для многоканальных волокон возможность их повреждения исключается, так как каждое волокно состоит из 7 капилляров с внутренним диаметром 0.9 мм, что существенно увеличивает механическую прочность и гарантирует целостность мембраны.

### Химия волокон ультрафильтрационных мембран

Коммерческие ультрафильтрационные мембраны охватывают диапазон от полностью гидрофильных до полностью гидрофобных, причем полиэстерсульфон (PES) занимает промежуточное положение. Характеристики полиэстерсульфона



(PES) делают этот материал идеальным для смешивания с другими полимерами, при этом требуемым образом могут изменяться свойства мембраны. При смешивании с гидрофильными полимерами гидрофильность полиэстерсульфона (PES) повышается, достигая качеств мембран из ацетата целлюлозы. При этом получаемый материал лишен таких недостатков, как высокое биозагрязнение и малый диапазон допустимых значений величины рН, что приводит к сложности очистки мембран. Полиэстерсульфон (PES) стоек к высоким концентрациям хлора. Также данный материал стоек к изменениям величины рН в диапазоне от 1 до 13, в результате чего может эффективно проводится очистка мембран как от неорганических, так и органических веществ. Загрязнение, вызванное растворенной органикой, может быть эффективно удалено при обратной промывке с величиной рН, равной 12 или больше.

### Подача исходной воды изнутри/выход фильтрата снаружи

Обычно исходная вода вводится внутрь капилляров волокон, при этом фильтрат отводится с их внешней стороны (режим «in-out»). Однако, подача исходной воды может осуществляться снаружи мембран, при этом фильтрат будет выходить из капилляров.

При обратной промывке направления потоков меняются на противоположные (по сравнению с режимом фильтрования). На внешней поверхности волокон во время обратной промывки достигается большая скорость потока. Это обеспечивает выравнивание распределения потока вдоль всей длины волокна, что повышает эффективность удаления загрязнений из капилляров. При конфигурации «in-out» объем использованной загрязненной воды оказывается очень маленьким, так как питающая вода проникает внутрь волокон, и заполняя объем существенно меньший наружного. При этом оказывается экономически выгодно производить обратные промывки через относительно короткие интервалы, предотвращая образование загрязняющего слоя. Результатом этого является малое рабочее давление и очень редкие офф-лайнные химические мойки мембран. Более того, поток обратной промывки может быть полностью сброшен через капиллярные каналы.

