

УДК 66.081.63

МЕТОД ОБРАТНОГО ОСМОСА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ REVERSE OSMOSIS METHOD FOR WATER PURIFICATION

Д.А. Степанов, А.В. Рабченя

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

panteley @bntu.by

D. Stepanov, A. Rabchenya

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в статье рассматривается обратный осмос как один из методов очистки воды.*

***Abstract:** the article considers reverse osmosis as one of the methods of water purification.*

***Ключевые слова:** полупроницаемая мембрана, обратный осмос, осмотическое давление, концентрат, извлечение, коэффициент обессоливания.*

***Key words:** semi-impermeable membrane, reverse osmosis, osmotic pressure, concentrate, extraction, desalination coefficient.*

Введение

В настоящее время существуют различные методы очистки воды. На смену традиционным методам очистки и обессоливания воды пришли современные технологии разделения растворов на мембранах. Одной из таких технологий является обратный осмос. Главное предназначение, которой заключается в удалении растворённых солей, ионов, микрочастиц, высокомолекулярных органических веществ из обрабатываемой воды, а также для отфильтровывания бактерий, вирусов и других патогенных веществ.

Основная часть

Обратный осмос представляет собой диффузионный процесс движения молекул воды из разбавленного раствора через полупроницаемую мембрану в концентрированный раствор [2]. «Процесс обратного осмоса». В соответствии с принципом обратного осмоса, осмос и обратный осмос неотъемлемо связаны с полупроницаемой мембраной, через которую растворитель (молекулы воды) может проникать, и в результате чего протекает явление осмоса или обратного осмоса.

В процессе естественного прямого осмоса, уровень с боковой стороны концентрированного раствора постепенно увеличивается, уровень с боковой стороны разбавленного раствора постепенно снижается соответственно, когда давление воды, сформированное на обеих сторонах растворов смещённых миграцией молекул растворителя, прекратит изменяться, осмотический процесс достигает точки равновесия, в этот момент разница уровня жидкости в столбах растворов, называется осмотическим давлением раствора (рисунок 1).

В процессе обратного осмоса требуется приложить определенное давление к стороне водовпуска (концентрированный раствор), чтобы преодолеть естественное осмотическое давление, (где рабочее давление выше, чем естественное осмотическое давление прикладываемое к стороне разбавленного потока воды (пермеат)), то направление потока естественного осмоса молекул воды будет изменено на обратное, т.е. часть молекул впускной воды (концентрированного раствора), будет проходить через мембрану и станет производственной водой со стороны разбавленного раствора (пермеата) [2], то формируется противоположное явление в фильтрации, известное как обратный осмос (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема осмоса и обратного осмоса [3]

Для очистки воды с помощью осмоса и обратного осмоса применяется полунепроницаемая мембрана, состоящая из элементов, которые установленные внутри корпуса сосуда высокого давления для того чтобы достичь разделения исходной воды на концентрат и пермеат (производственную воду). Элементами мембраны обратного осмоса являются: мембрана, трубопровод исходной воды, сетка каналов впуска исходной воды, канал сбора пермеата, трубопровод пермеата, уплотнитель, (рисунки 2 и 3).

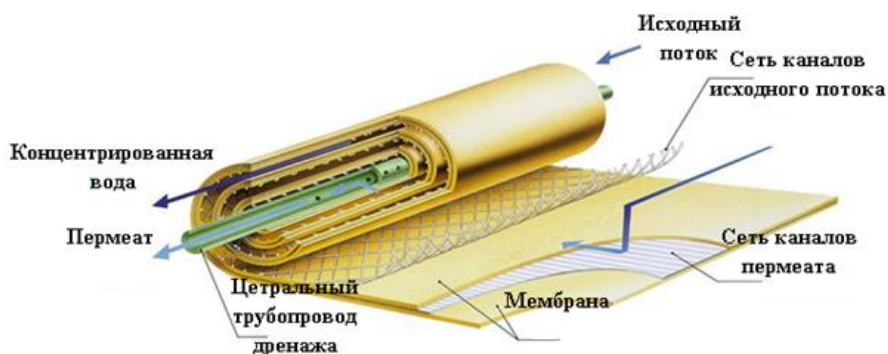


Рисунок 2 – Общая структура композитных мембранных материалов [4]

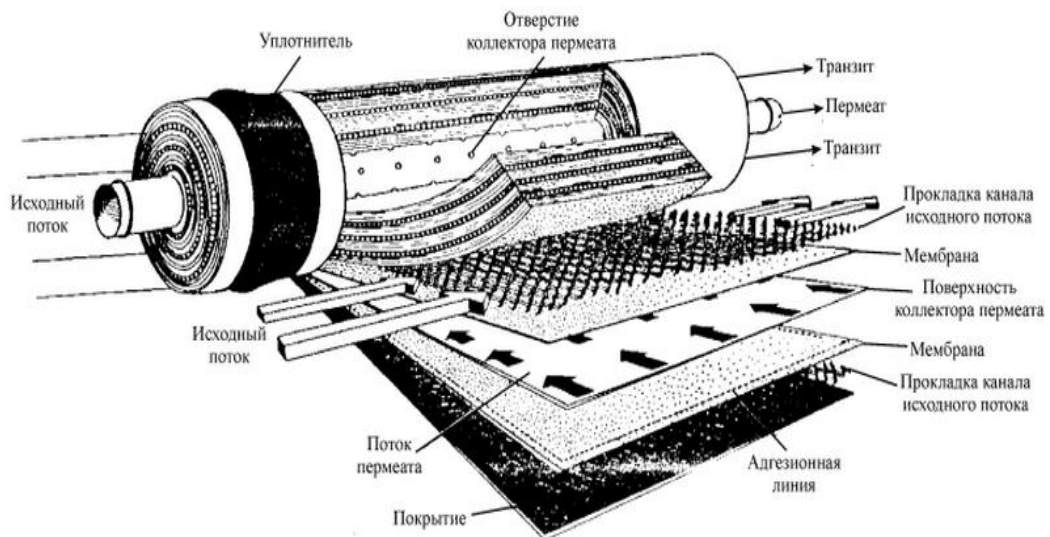


Рисунок 3 – Общая структура композитных мембранных материалов [5]

Группа мембран обратного осмоса является важным исполнительным механизмом целой системы обессоливания. Она несёт главную ответственность за основное удаление растворённых солей, коллоидных веществ, органических веществ и микробиоты из воды [1]. Для эффективной очистки воды с помощью мембран обратного осмоса учитывают факторы, влияющие на их характеристику. К ним относятся: давление, температура, солёность впускной воды и извлечение.

Давление

Общее количество твердых растворенных веществ в пермеате будет уменьшаться с повышением давления, а поток пермеата будет увеличиваться с повышением давления (рисунок 4).

Температура

Мембранный элемент очень чувствителен к изменению температуры впускной воды, поток пермеата почти линейно увеличивается с повышением температуры воды, причина в том, что способность молекул воды к диффузии через мембрану увеличивается с повышением температуры. Одновременно, повышение температуры воды может вызывать снижение коэффициента обессоливания или увеличение коэффициента проникновения солей, потому что скорость диффузии солей, проникающих через мембрану, увеличивается при повышении температуры (рисунок 4).



Рисунок 4 – Влияние давления и температуры впускной воды на поток и коэффициент обессоливания [источник: собственная разработка автора]

Соленость

Характеризуется двумя показателями: коэффициентом обессоливания и коэффициентом проникновения солей. Коэффициент обессоливания представляет собой процентное снижение концентрации за счёт удаления растворимых компонентов (солей) из водовпускной системы через мембрану, и выражается как отношение концентрации солей в пермеате к концентрации солей в водовпускной исходной воде. Коэффициент проникновения солей величина обратная значению коэффициенту обессоливания, и выражает процентное значение удаляемых водорастворимых компонентов через мембрану.

Как показано на рисунке 5 с увеличением солености воды уменьшается поток пермеата и снижается коэффициент обессоливания.

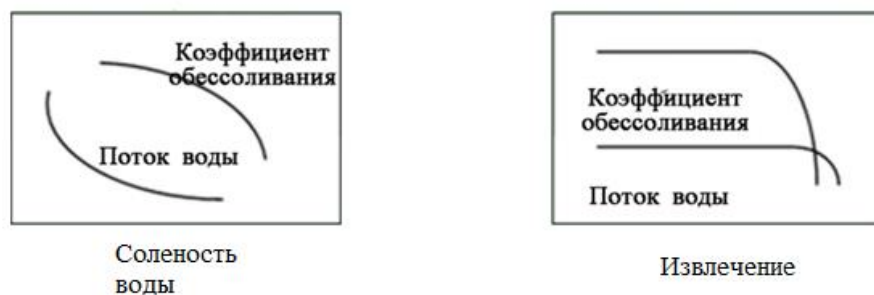


Рисунок 5 – Влияние солености и повышения извлечения впускной воды на поток и коэффициент обессоливания [источник: собственная разработка автора]

Извлечение

Извлечение – это отношение объёмного расхода пермеата к расходу впускной воды. Поток пермеата уменьшается с повышением извлечения, когда осмотическое давление пермеата повышается до равенства с давлением впускной воды, то осмос прекращается, а коэффициент обессоливания снижается с повышением извлечения (рисунок 5).

Заключение

По сравнению с традиционными методами очистки воды установка обратного осмоса может удалять свыше 99,7% растворённых ионов солей и прочих микробных загрязнений в исходной воде [1]. Она обладает большой скоростью водопроникновения, высоким коэффициентом обессоливания, хорошей механической прочностью, а также стабильными химическими свойствами. Простота операций обслуживания, стабильное качество выпускаемой воды, высокая способность сопротивления к загрязнениям позволяют технологии обратного осмоса получать широкое распространение в производственной сфере.

Литература

1. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация / А.Г. Первов // Монография. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 232 с.

2. Электрохимия мембран и обратный осмос / С.С. Духин, М.П. Сидорова, А.Э. Ярощук. – Л.: Химия, 1991. – 192 с.
3. Новые мембранные методы внутрицикловой очистки воды [Электронный ресурс] / Новые мембранные методы внутрицикловой очистки воды. – Режим доступа: <https://vunivere.ru/work24526?screenshots=1> /. – Дата доступа: 03.04.2023.
4. Мембранная фильтрация [Электронный ресурс] / Мембранная фильтрация. – Режим доступа: <http://ultramembrane.com/membran-filtrasyon-2> /. – Дата доступа: 04.04.2023.
5. Мембранный фильтр для очистки воды [Электронный ресурс] / Мембранный фильтр для очистки воды. – Режим доступа: <https://septikland.ru/vodosnabzhenie/ochistka-vody/membrannyj-filtr-dlja-ochistki-vody.html> /. – Дата доступа: 05.04.2023.