***РЕФЕРАТ***

***Тема: “Общая характеристика, свойства и производители осмотических мембран”***

***Общие теоретические сведения о системах обратного осмоса и мембранах***

Обратный осмос, известный также как гиперфильтрация, лучший из известных способов фильтрации воды. Обратный осмос позволяет удалять из водной массы мельчайшие частицы величиной с ионы. И для удаления из питьевой воды солей и других включений с тем, чтобы улучшить цвет, вкус или свойства жидкости.

Явление осмоса (выравнивание концентраций растворов, разделенных полупроницаемой мембраной) лежит в основе обмена веществ всех живых организмов. Например, подкладка скорлупы куриного яйца является естественной мембраной, через нее проходят молекулы кислорода, но задерживаются загрязнители. Стенки клеток растений, животных и человека представляют собой естественную мембрану, которая является частично проницаемой, поскольку она свободно пропускает молекулы воды, но не молекулы других веществ. Когда корни растений впитывают воду, стены их клеток формируют натуральную осмотическую мембрану, которая пропускает молекулы воды и отторгает большинство примесей. Травы и цветы стоят вертикально только за счет так называемого осмотического давления. Поэтому при недостатке воды они выглядят пожухлыми и вялыми. Фильтрующая способность природной мембраны уникальна, она отделяет вещества от воды на молекулярном уровне и именно это позволяет любому живому организму существовать.

Применение мембран для отделения одних компонентов раствора от других имеет очень давнюю историю, восходящую еще к Аристотелю, впервые обнаружившему, что морская вода опресняется, если ее пропустить через стенки воскового сосуда. Изучение этого явления и других мембранных процессов началось гораздо позже, в начале XVIII века, когда Реомюр использовал для научных целей полупроницаемые мембраны природного происхождения. Но до середины 20-х годов уходящего века все эти процессы имели сугубо теоретический интерес, не выходя за пределы лабораторий. В 1927 году немецкая фирма «Сарториус» получила первые образцы искусственных мембран. После Второй мировой войны американцы, используя немецкие наработки, наладили производство ацетат целлюлозных и нитроцеллюлозных мембран. Лишь в конце 50-х – начале 60-х годов с началом широкого производства синтетических полимерных материалов появились первые научные работы, которые легли с основу промышленного применения обратного осмоса. Первые промышленные обратно осмотические системы появились только в начале 70-х годов, поэтому это сравнительно молодая технология по сравнению с тем же ионным обменом или адсорбцией на активированных углях. Тем не менее, в Западных странах обратный осмос стал одним из самых экономичных, универсальных и надежных методов очистки воды, который позволяет снизить концентрацию находящихся в воде компонентов на 96-99% и практически на 100% избавиться от микроорганизмов и вирусов.

Явление осмоса наблюдается в тех средах, где подвижность растворителя (например, воды) больше подвижности растворённых в нем веществ (примесей воды). Важным частным случаем осмоса является осмос через полупроницаемую мембрану. Если такая мембрана разделяет раствор (например, воду с примесями) и чистый растворитель (воду), то концентрация воды в растворе оказывается менее высокой, поскольку там часть ее молекул замещена на молекулы растворенного вещества. Вследствие этого, переходы частиц воды из отдела, содержащего чистую воду, в воду с примесями, будет происходить чаще, чем в противоположном направлении (рис. 1-а). Соответственно, объём воды с растворенными примесями будет увеличиваться, тогда как объём чистой воды, будет уменьшаться. Давление, при котором между двумя жидкостями наступает равновесие, называют осмотическим (рис. 1-б)

Обратный осмос - это процесс, при котором молекулы растворителя (воды) под действием давления движутся из раствора (воды, содержащей примеси) в чистый растворитель (в воду). Если со стороны раствора приложить давление, превышающее осмотическое, то молекулы воды из раствора будут свободно проникать в чистую воду (рис. 1-в). Ввиду того, что полупроницаемая мембрана, разделяющая две жидкости, пропускает в основном только молекулы воды, с одной стороны может быть получена чистая вода без примесей, с другой стороны сконцентрированный раствор солей.

Этот процесс — обратный осмос, может быть использован для очистки таких жидкостей как этанол и гликоль, которые пройдут через обратноосмотическую мембрану, в то время как другие ионы и примеси она не пропустит. Обратный осмос используют в фильтрах для очистки воды, в том числе, для питья.

Помимо пищевых производств обратноосмотические системы применяются для получения воды для медицины, микроэлектроники, фармацевтики, парфюмерии, химической промышленности и теплоэнергетики. Вода для паровых котлов должна иметь очень низкое содержание растворенных веществ, особенно таких, как соли жесткости, окись кремния, железо. Обратный осмос позволяет снизить содержание этих компонентов до требуемых величин. Действительно, традиционно в этой области применяются деионизаторы с регенерацией ионообменных смол растворами кислот и щелочей. Эти устройства при сопоставимой с обратноосмотическими системами стоимости имеют ряд существенных недостатков. Это и необходимость содержания реагентного хозяйства, и большой объем агрессивных кислотно-щелочных стоков, что предъявляет особые требования к дренажной системе. Затраты на расходные материалы (кислоты, щелочи) составляют зачастую немалые суммы. Для обеспечения непрерывной подачи очищенной воды необходимо дублирование оборудования, поскольку не допускается перерыв в работе. Системы обратного осмоса практически лишены этих недостатков. Они способны работать 24 часа в сутки, более удобны в эксплуатации, требуют гораздо меньше расходных материалов (ингибиторы, моющие растворы), имеют неагрессивные сбросные воды.

Недостатком установок обратного осмоса и нанофильтрации можно назвать необходимость качественной предварительной подготовки воды перед мембранами. В исходной воде должны отсутствовать сильные окислители (например, содержание свободного хлора для обратноосмотических мембран не должно превышать 0,1 мг/л). Перед подачей в мембрану, воду тщательно очищают от механических примесей, железа. Такая предварительная подготовка воды позволяет увеличить срок службы мембран.

В обратноосмотической технологии используется полупроницаемая мембрана, которая пропускает только молекулы воды и задерживает молекулы загрязняющих веществ. Наиболее часто в технологии обратного осмоса используется процесс, известный как перекресное течение, что позволяет мембране самоочищаться. В то время, как часть жидкости проходит через мембрану, другая ее часть двигается в обратном направлении, вымывая из мембраны обратного осмоса задержанные частички. В процессе обратного осмоса требуется движущая сила, которая будет проталкивать жидкость через мембрану, наилучшим вариантом является давление, создаваемое помпой. Чем выше давление, тем больше движущая сила. Установки обратного осмоса способны задерживать бактерии, соли, сахара, протеины, частицы, красители и другие загрязняющие вещества, молекулярная масса которых больше 150-250 далтонов. Разделение ионов обратным осмосом происходит с участием заряженных частиц. Это значит, что расстворенные ионы, которые несут заряд, равный зараряду солей, более вероятно будут отброшены мембраной, чем те, которые не заряжены, например органика. Чем больше заряд частицы и ее размер, тем выше вероятность того, что она будет отброшена мембраной.

Применяемые в настоящее время композитные мембраны позволяют значительно снизить гидродинамическое сопротивление. В них тонкий селективный слой наносится химическим путем на пористую основу (подложку). Толщина селективного слоя составляет 0,1-1,0 мкм, а толщина пористой основы - 50-150 мкм. Подложка практически не создает сопротивления потоку благодаря широким порам, а сопротивление селективного слоя значительно снижается благодаря значительному сокращению его толщины. В целом композитная структура мембраны обеспечивает механическую прочность за счет толщины пористой подложки, а кроме того, позволяет снизить общее сопротивление мембраны за счет тонкости селективного слоя.

Селективный слой обратно осмотических мембран выполнен из полиамидного материала. Рабочее давление таких мембран при минерализации исходной воды до 5 г/л составляет 10-15 бар. Стандартная рабочая температура обратного осмоса не превышает 40ºС, хотя в настоящее время производятся полиамидные мембраны, работающие при повышенных температурах - до 90°С. Селективность полиамидных мембран составляет 90-99,6%.

Обратно осмотические мембраны производятся в виде рулонных мембранных элементов, которые позволяют разместить мембранное полотно с большой площадью в небольшом объеме. Это обеспечивает компактность обратно осмотических установок.

Отечественный и зарубежный опыт показал, что на продолжительность и надежность работы мембран большое влияние оказывает процесс осадкообразования. Образующийся слой осадка, который, как правило, является соленепроницаемым, забивает поверхностные поры мембраны, создает дополнительное сопротивление потоку и массопередаче в граничном слое, в результате чего увеличивается концентрационная поляризация на мембранах и снижается их солезадерживающая способность и производительность.

Химический состав осадков, образующихся при опреснении и очистке вод различного типа, весьма разнообразен. На процессы обратного осмоса отрицательное влияние оказывает образование в аппаратах отложений малорастворимых солей кальция, гидроокисей железа и марганца, а также взвешенных веществ и высокомолекулярных соединений.

В подземных минерализованных и морских водах кальций находится в равновесии с бикарбонатными и сульфатными ионами и содержание его весьма значительно – обычно от 100-120 до 300-400 мг/л. в процессе обратноосмотической обработки воды происходит преимущественный перенос молекул Н2О через мембрану, что вызывает нарушение равновесного состояния и может привести к выпадению на мембранах осадков сульфата и карбоната кальция. Причиной образования осадка сульфата кальция является быстрое достижение в граничном слое концентрации СаSО4, превышающий предел его растворимости (около 2-3 г/л при 200С).

Несколько иначе происходит образование отложений карбоната кальция. В ходе обратноосмотического процесса при опреснении воды происходит удаление из раствора не только воды, но и части свободной углекислоты. В результате углекислотное равновесие в воде сдвигается с образованием избытка карбонатных ионов, которые реагируют с ионами кальция. Образующийся карбонат кальция вследствие малой растворимости выпадает в осадок.

Скорость образования сульфатных и карбонатных отложений зависит от содержания в исходной воде солей жесткости и от величины рН. Чем выше эти значения, тем быстрее происходит образование осадка. Карбонатные отложения образуют плотную, прочно скрепленную с поверхностью мембраны пленку; для сульфатных отложений характерны рыхлость структуры и неравномерность распределения в объеме камеры.

Осадок гидроокиси железа также снижает эффективность работы полупроницаемых мембран. Отложение гидроокиси железа на мембранах приводит к резкому снижению их производительности.

По сути, обратноосмотическая мембрана - это сердце и душа системы обратного осмоса. Фильтры обратного осмоса начинается с подбора мембраны обратного осмоса, а другие компоненты выбираются исходя из свойств мембраны. Существует три типа мембраны обратного осмоса, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки:

* смесь триацетата целлюлозы с ацетатом целлюлозы(CTA);
* тонкослойная полупроницаемая мембрана (TLCR);
* модифицированный полисульфон (SPSF).

Вода, прошедшая через *мембраны обратного осмоса CTA*, имеет самую низкую себестоимость питьевой воды. Низкая производительность ограничивает использование обратно осмотических мембран CTA там, где необходима высокая производительность, однако их стойкость к окислению позволяет им самоочищаться от производных хлора, находящихся в водопроводной воде. Это делает обратноосмотические мембраны CTA наиболее подходящими для типичных нужд водоподготовки. К тому же, пропущенный в накопительный бак хлор позволяет позволяет снизить уровень бактерий в питьевой воде.

*Мембраны обратного осмоса TLC* сочетают в себе высокую производительность, высокий уровень отталкивания частиц и широкий приемлемый для работы уровень рН, что делает их идеально подходящими для применнеия во многих областях водоподготовки. В случаях высокого уровня потребления воды, при низких температурах и давлении воды, высокой концентрации нитратов или при высоком уровне рН (более 9,0) рекомендовано применять именно мембраны ТСL.

Однако, в связи с мембранами обратного осмоса TLC, нарaстает беспокойство по поводу полного очищения питьевой воды от хлора, что может привести к развитию в накопительных баках огромнейшего количества бактерий. В отношении себестоимости получаемой питьевой воды, приемнение мембран ТСL в системах обратного осмоса все еще остается наиболее дорогостоящим.

Конечно, *мембраны обратного осмоса SPSF* сейчас намного проще приобрести, чем в прошлые года, однако они не идут ни в какое сравнение с производительностью и стоимостью обратноосмотических мембран CTA. Так же существует определенное опасение относительно способности мембран обратного осмоса SPSF очищать неумягченную воду. Но осмотические мембраны SPSF просто незаменимы для очищения умягченной воды с высоким уровнем рН, либо при черезвычайно высоких концентрациях нитратов. Мембраны же СТА и TCL хороши для применения в других случаях водоподготовки.

Естественно, что стоимость подобной системы обратного осмоса для домашнего использования не может быть совсем низкой - если розничная цена опускается ниже 1400 гривен, то, скорее всего, это китайский товар, изготовленный из низкокачественных комплектующих. Качественный фильтр, например одна из самых распространенных на рынке система TGI-525, стоит около 400 у.е. Это недешево, однако и срок службы системы очень велик. Конечно, примерно раз в год вам придется сменить картриджи, на что уйдет еще порядка 20 у.е, а раз в два года еще и мембрану (40-50 у.е). Но и производительность установки высока - бытовая система способна давать от 130 до 600 л воды в сутки. В результате, при расчете на двухлетний период, литр воды, полученный путем обратного осмоса, обходится в 0,005 грн/литр, в то время как средняя стоимость литра воды в бутылках равна около 1 грн/литр.

Устройство мембран

***Виды осмотических мембран и их цены***

В настоящее время большинство фирм-производителей мембранных элементов пришли к единому стандарту мембран. Это, как правило, рулонные мембранные элементы, главным достоинством которых является большая площадь разделения при небольших размерах.

Наиболее распространены два размера мембран. Первый имеет маркировку 4040, в которой первая цифра обозначает округленный диаметр мембраны в дюймах - 4 дюйма или 99 мм. Вторая цифра в маркировке – это округленная длина элемента в дюймах – 40 дюймов или 1016 мм.

Второй наиболее распространенный размер мембран имеет маркировку 8040, что означает диаметр 8 дюймов или 201 мм, и длину 40 дюймов или 1016 мм.

На российском рынке широко представлены мембранные элементы 5-6 фирм – мировых лидеров в этой области. Выбор производителя мембран, которыми комплектуется водоочистная установка, как правило, основан на личных предпочтениях предприятия-изготовителя установок. Но, как говорилось выше, абсолютное большинство мембран на российском рынке - импортного производства. Доля отечественных мембранных элементов, к сожалению, очень невелика.

Важно то, что мембранные элементы различных производителей взаимозаменяемы. Потому, не всегда необходимо для замены приобретать мембраны именно той фирмы, которая указана в паспорте на оборудование. Главным в данном случае является понимание задач, решаемых конкретной установкой и знание состава исходной воды. Важны так же присоединительные размеры мембраны, потому что, несмотря на, казалось бы, одинаковый размер, в зависимости от производителя, возможны незначительные различия по длине фильтрующего полотна, диаметру фильтратоотводящей трубки и пр.

Характеристики мембранных элементов – селективность и производительность, заявленные в паспортах на мембраны, получены при испытании элементов в конкретных условиях, которые не всегда выполнимы в реальной жизни. Например, стандартные мембраны обратного осмоса испытываются при минерализации исходной воды 500 мг/л, а высокоселективные обратноосмотические мембраны при минерализации 2000 мг/л. В реальных условиях, особенно для установок с рециклом, т. е. возвратом части сбрасываемой в дренаж воды (концентрата) на вход мембраны, минерализация исходной воды может быть выше. Это не может не отразиться на производительности мембранного элемента, с ростом минерализации исходной воды, при прочих равных условиях, производительность мембраны по фильтрату снижается.

Очень важно то, что заявленная производительность мембран соответствует температуре исходной воды 250С, что так же на практике редко выполнимо. Не следует забывать, что производительность мембраны понижается примерно на 3 % при падении температуры исходной воды на каждый градус Цельсия.

Идеальной системы обратного осмоса для дома не существует. Некоторые разработки лучше остальных, но ни одна из них не является панацеей от всех бед. Большинство производителей и дилеров рекомендуют подбирать фильтры обратного осмоса в зависимости от показателей исходной воды и от требований, выдвигаемых покупателем к качеству питьевой воды. Но бывает, что и этого не достаточно, ведь установка системы обратного осмоса не такая простая, как проточные фильтры воды. Иногда это работает, иногда нет. Бытовые фильтры обратного осмоса - основные компоненты Общий дизайн фильтров обратного осмоса весьма консервативен, с учетом разве условий, для работы в которых они предназначаются. В целом, чем дороже система обратного осмоса, тем больше "что если…" рассмотрено и тем больше модификаций заложено в установку очистки воды. Как бы то ни было, учитывание всех возможных проблем с качеством питьевой воды сделает систему обратного осмоса неоправданно дорогой. "Проблемы с питьевой водой" будут всегда. Поскольку всегда есть кто-то, кому нужно гораздо больше, чем заложено в бытовой системе обратного осмоса, дилер по своему усмотрению может модифицировать ее.

В настоящее время выпускается большое количество осмотических мембран в различных ценовых категориях.

Крупнейшие в мире производители мембран –

* General Electric (GE),
* Dow Chemical,
* Hydranautics
* Toray Industries.

***Фирма Filmteс***

Производит мембраны нескольких видов. Является одной из самых крупных производителей мембран. Является фирмой США

Гарантируемая очистка воды по показателям загрязнений некоторых элементов представленна данной фирмой в следующем виде:

* Алюминий 88 - 99%
* Кадмий 98 - 99%
* Аммиак 86 -92%
* Марганец 96 -98%
* Асбест 99,99%
* Медь 95 - 99%
* Хром 96 - 98%
* Свинец 96 -98%
* Цианиды 92 -98%
* Серебро 86 - 98%
* Цинк 94 -97%
* Пестициды 99 - 100%
* Стронций 87 - 90%
* Бактерии 99,99%
* Железо 98 - 90%
* Цисты 99,99%
* Радий 80,00%
* Бензин 99,00%

***Выпускаемая продукция.***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель | Краткая характеристика | Средняя цена |
| Обратноосмотическая мембрана - RO Membrane 100 GPD | Мембрана производства компании Filmteс, изготовленная по индивидуальному заказу компании BlueFilters. Предназначена дляиспользования в промышленных системах обратного осмоса RO-400, RO-600.Тонкоплёночная,полупроницаемая, полиамидная мембрана обратноосмотического типа, производит отделение чистой воды, от растворённых в ней веществ, на молекулярном уровне. Поры мембраны имеют размер порядка 10-10микрон (0,0001мкм), пропускают молекулы воды, и часть полезных микроэлементов.При этом задерживают: вирусы (0,2мкм), бактерии (0,5мкм),тяжелые металлы, пестициды, гербициды, нитраты, хлор, свинец, мышьяк, вплоть до радионуклидов и канцерогенов.Производительность мембраны: (1 GPD = галлонов в день, 1 галлон = 3,785 л.)Срок эксплуатации: 1-3 летВажно знать: срок эксплуатации зависит от количества растворенных химических и механических примесей, а также от своевременной замены картриджей предочистки. | 1104 UAH |
| Обратноосмотическая мембрана 75 GPD |  804 UAH |
| Осмотическая мембрана Filmtec Standart 50GPD | 708 UAH |
|  |  |
| Мембрана для системы обратного осмоса - RO Membrane 75GPD в корпусеОсмотическая мембрана New Line 75GPD | Это высококачественная мембрана, помещённая в специальный запаянный пластиковый корпус. Используется в системах обратного осмоса серии New Line. Тонкоплёночная, полупроницаемая, полиамидная мембрана обратноосмотического типа, производит отделение чистой воды, от растворённых в ней веществ, на молекулярном уровне. Поры мембраны имеют размер порядка 10-10микрон (0,0001мкм), пропускают молекулы воды, и часть полезных микроэлементов. | 838 UAH |
| Обратноосмотическая мембрана TLC75F | Мембрана задерживает 96-99-proc- органических и неорганических загрязнений, тяжелых металлов и радиактивных веществ, растворенных в воде, величиной до 0,01 микрона Полупроницаемая осмотическая мембрана состоит из нескольких слоев, намотанных на на перфорированный стержень, находящийся внутри мемебраны. Загрязненная вода вталкивается под давлением на поверхность мембраны, где частицы воды проникают через микроскопические поры мемебраны. Загрязнения выделяются и отбрасываются. Идеально очищенная вода проходит через отверстия к центральному стерженю и под воздействем давления вытекает из мембраны. Входит в базовую комплектацию обратного осмоса FRO8JGM | 737 |
| Мембрана (TFC) FILMTEC TW30-1812-50 | Полиамидная тонкопленочная композитная (TFC) мембранаПроизводительность: 225-395 л/день при давлении 4-7 бар и темп. 25°CУстойчивое солеудаление: 98%Минимальное солеудаление: 96%.Максимальная подача воды: 7,6 л/минМаксимальное рабочее давление: 21 барМаксимальная рабочая температура: 45°CМаксимальный коллоидный индекс: 5Диапазон рН (продолжительная работа): 2-11\*Диапазон рН (промывка до 30 мин.): 1-13Максимальная концентрация свободного хлора: <0.1 мг/лРазмер: 295х55 мм | 355грн |
| Мембрана (TFC) FILMTEC TW30-1812-75 | Полиамидная тонкопленочная композитная (TFC) мембранаПроизводительность: 285-605 л/день при давлении 4-7 бар и темп. 25°CУстойчивое солеудаление: 98%Минимальное солеудаление: 96%.Максимальная подача воды: 7,6 л/минМаксимальное рабочее давление: 21 барМаксимальная рабочая температура: 45°CМаксимальный коллоидный индекс: 5Диапазон рН (продолжительная работа): 2-11\*Диапазон рН (промывка до 30 мин.): 1-13Максимальная концентрация свободного хлора: <0.1 мг/лРазмер: 295х55 мм | 390 |
| Мембрана (TFC) FILMTEC TW30-1812-100 | Полиамидная тонкопленочная композитная (TFC) мембранаПроизводительность: 455-795 л/день при давлении 4-7 бар и темп. 25°CУстойчивое солеудаление: 98%Минимальное солеудаление: 96%.Максимальная подача воды: 7,6 л/минМаксимальное рабочее давление: 21 барМаксимальная рабочая температура: 45°CМаксимальный коллоидный индекс: 5Диапазон рН (продолжительная работа): 2-11\*Диапазон рН (промывка до 30 мин.): 1-13Максимальная концентрация свободного хлора: <0.1 мг/лРазмер: 295х55 мм | 410 |

**Фирма Bluefilters**

Фирма производит мембраны со следующими характеристиками:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Производительность (GPD\*)  | Мощность (м3/сутки)  | Скорость фильтрации (л/ч)  | Уровень снижения солесодержания Cl- (%) |
| AC-OM-50 | 50 | 0,19  | 5,7 | 96 |
| AC-OM-75 | 75 | 0,28 | 7,9 | 96 |
| AC-OM-100  | 100 | 0,38 | 11,8  | 96 |
| AC-OM-150 | 150 | 0,57 | 23,8 | 96 |

Скорость потока и снижение солесодержания будут верны верны при следующих условиях:

- TDS = 250 ppm (умягченная вода)

- температура - 25ºC

- давление воды - 60 psi (4 Bar)

- диапазон восстановления воды - 15%

- скорость фильтрации может колебаться в пределах +/- 20 % среди разных мембран того же типа.

Условия работы мембраны:

Max. давление воды - 300 psi (21 Bar)

Max. скорость потока- 7,6 л/мин (2,0 GPM)

Mинимальная скорость потока концентрата – в 4 раза больше скорости фильтрата (очищенная вода)

Уровень pH - 2-1

Источники:

1. Сайт www.bluefilters.ua
2. Сайт www.albis.com.ua
3. Сайт www.vodolei.co.ua
4. Сайт o-tech.com.ua
5. Сайт emarket.ua
6. Сайт andeg.com.ua
7. Сайт www.geizer.dp.ua
8. Сайт www.germes.ua
9. Сайт www.purosmart.com.ua