

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

Ключевые слова: мембрана, обратный осмос, водоподготовка

Разделение водных растворов при помощи мембранных технологий известно давно. Вначале они нашли свое применение в различных отраслях промышленности, а в последние десятилетия получили широкое распространение в системах водоподготовки. К этому привела универсальность осмотических мембран, которые способны очищать воду от различных видов загрязнения.

Системы обратного осмоса используются для получения воды высокой степени очистки, а также применяются для и обессоливания воды. При прохождении водой осмотических мембран удаляются органические соединения, взвеси, микроорганизмы.

Повышение спроса на мембранное оборудование для водоподготовки и доочистки воды, идущей на технологические и хозяйственно-питьевые нужды, связано с несколькими факторами:

- неудовлетворительное качество воды. Антропогенные факторы приводят к ухудшению класса водоисточников. Это приводит к тому, что при применении традиционных способов водоподготовки не всегда можно очистить воду до требуемых нормативных параметров;
- снижение стоимости мембранных аппаратов и одновременно улучшение их характеристик из-за совершенствования технологии производства;

- увеличение числа специалистов, занимающихся подбором и эксплуатацией мембранного оборудования.

Традиционно роль обратного осмоса в питьевом водоснабжении сводилась к опреснению морской и подземной воды, в основном для снижения ее солесодержания. Однако появление мембран нового поколения, которые способны работать при низком давлении, сделало мембраны обратного осмоса незаменимым методом доочистки воды. Мембранные установки значительно отличаются по количеству очищаемой воды. Существуют как установки большой производительности, размещаемые непосредственно на станциях водоподготовки, обслуживающие города, так и бытовые компактные установки для доочистки водопроводной воды для нужд жильцов одной квартиры. Песчаные фильтры, входящие в состав станций водоподготовки, часто не в состоянии задержать коллоидные частицы, болезнетворные бактерии и вирусы. Мембранные

элементы способны устранить эти загрязнения, а также предотвратить попадание в питьевую воду таких опасных веществ, как фториды, мышьяк, стронций, аммоний, нитраты и нитриты. Использование мембран для доочистки воды непосредственно у водоразборной точки привело к росту производства мембран, темпы которого все время увеличиваются.

Для того чтобы эффективно использовать мембранные установки в решении задач питьевого водоснабжения, специалистам необходимо иметь представление о сильных и слабых сторонах этой технологии.

Ключевым элементом любой фильтрационной системы очистки воды являются мембранные аппараты, поэтому от выбора типа мембран, конструкции мембранных модулей и режима их работы будет зависеть успех работы всей установки.

Главное отличие мембранной фильтрации от обычного объемного фильтрования состоит в том, что подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверхности мембраны, образуя дополнительный фильтрующий слой осадка, который обладает своим сопротивлением.

Наиболее экономичный режим работы фильтрационных установок – «тупиковый», когда вся исходная вода пропускается через мембрану. В ряде случаев для борьбы с ростом осадка над поверхностью мембраны создают дополнительный поток из обрабатываемой жидкости, который размывает накапливающийся осадок. Жидкость, содержащая удаленные с поверхности мембраны загрязнения, выводится из разделительного аппарата. Для более эффективного удаления загрязнений с поверхности и из пор мембраны используют метод обратных промывок, при котором очищенную воду (фильтрат) пропускают через мембрану в направлении, обратном направлению фильтрования. Такие промывки производятся намного чаще, чем промывки обычных фильтров с зернистой загрузкой – от 1 до 5 раз в час, но их продолжительность составляет всего 10–30 секунд, поэтому объем сбрасываемой воды составляет 2–5% от объема фильтрата.

Для предотвращения биологического зарастания фильтрационных мембран в воду для обратной промывки мембранных элементов добавляют дезинфектант, чаще всего гипохлорит натрия.

В процессе длительной работы производительность мембранных аппаратов постепенно уменьшается, так как на поверхности и в порах

мембраны сорбируются различные вещества и отлагаются частички загрязнений, увеличивающие общее гидравлическое сопротивление мембранных аппаратов. Для восстановления первоначальной производительности несколько раз в год проводится химическая промывка мембранных аппаратов специальными кислотными и щелочными реагентами для удаления накопленных загрязнений.

Таким образом, основные задачи при проектировании мембранных установок – это подбор оптимального типа мембран в зависимости от состава исходной воды и определение оптимального режима эксплуатации мембранной установки, при котором загрязнение мембран было бы минимальным. Надежность работы обеспечивается правильным выбором материала мембраны, который был бы наименее чувствителен к загрязнениям, характерным для данного состава исходной воды, и конструкции аппарата, которая должна позволять проводить гидравлические промывки мембран с максимальной эффективностью. Кроме того, важно уметь прогнозировать работу установки в течение длительного периода эксплуатации.

Использование обратного осмоса имеет следующие преимущества:

- высокая степень очистки воды;
- возможность вариативности производительности установки путем набора стандартных модулей и блоков;
- небольшие габариты по сравнению с традиционными фильтрами;
- относительно низкие эксплуатационные расходы;
- малый расход ингибиторов отложений и реагентов для отмычки отложений на мембранах;
- низкая энергоемкость;

В то же время следует учитывать следующие особенности применения установок обратного осмоса:

- необходима тщательная подготовка воды для обеспечения большой производительности мембран и длительного срока их службы. Если подготовка воды не будет подобрана правильно, может увеличиться объем сбрасываемого концентрата (с учетом компоновочных решений расход пермеата может составить 75–80% исходной воды, концентрат – 20–25%) и, следовательно, возникнет значительный расход исходной воды;
- большие капитальные затраты;
- желателен непрерывный режим работы установок.

Различия в требованиях, предъявляемых для исходной воды согласно СанПиН и для обратноосмотических установок, касаются не только органолептических показателей качества воды, т.е. взвешенных веществ и цветности воды, но и нефтепродуктов, ПАВ, окисляемости, коллоидов (железа, кремниевой кислоты). Поэтому большое внимание следует уделить процессам предварительной подготовки исходной воды перед тем, как подать воду на обратноосмотическую установку.

Особое внимание следует сосредоточить на содержании активного хлора. Дело в том, что активный хлор весьма отрицательно воздействует на обратноосмотические мембраны и вызывает их деструкцию (разрушение). Поэтому, если в процессе предварительной очистки воды используются хлорсодержащие агенты, следует обязательно вводить стадию адсорбционной очистки воды на активном угле. Этот же процесс поможет снизить такой показатель, как окисляемость воды, отвечающий за общее содержание органических соединений в исходной воде.

В зависимости от степени загрязненности исходной воды методы ее обработки включают: тепловую обработку, регулирование pH, пропорциональное дозирование комплексообразующих агентов, биоцидов, коагулянтов с помощью насосов-дозаторов, аэрацию, обезжелезивание, адсорбцию на активированном угле, механическую очистку и осветление воды, умягчение (Na-катионирование), предварительную микрофильтрацию или ультрафильтрацию, обеззараживание воды с помощью установок ультрафиолетовой стерилизации.

В современной водоподготовке используются три основных типа мембран обратного осмоса: целлюлозные (СА) и из смеси триацетата целлюлозы с ацетатом целлюлозы (СТА), полностью из ароматического полиамида и тонкопленочные композитные (ТFC) мембраны. Основные исходные требования, предъявляемые к мембранам следующие:

- свободная проницаемость для воды;
- высокая селективность;
- работоспособность при высоких давлениях;
- стойкость в широком диапазоне pH и температуры;
- устойчивость к воздействию химических веществ, в том числе окислителей, таких как свободный хлор;
- биологическая стойкость к бактериям;
- низкая адгезия поверхностного слоя к осаждаемым веществам.

Основными параметрами обратноосмотических мембран являются:

- **удельная производительность мембраны** – количество очищенной воды, проходящей в единицу времени через единицу площади мембраны. Иными словами, это количество пермеата может произвести 1 кв. м поверхности мембраны за сутки или за час. Обозначение: *G, J*. Единицы измерения: м³/м²-день, м³/м²-час, галлон/кв. фут-день (GFD), галлон/кв. фут-час (GFH);
- **селективность**, которая определяется как процент растворенного вещества, задержанного мембраной. В обратном осмосе это описывается в терминах отражения NaCl в определенных рабочих условиях (давление, температура, pH, степень отбора концентрата, солесодержание).

Обычно производительность обратноосмотических мембран при постоянно приложенном давлении увеличивается приблизительно на 3% при росте температуры на один градус. Солепроницаемость мембран также растет прямо пропорционально росту температуры, а вот соотношение между потоками соли и воды, проникающими через мембрану, остаются, по существу, постоянными при различных температурах. Поэтому считается, что селективность мембраны практически не зависит от температуры.

Следует отметить, что увеличение количества устанавливаемого мембранного оборудования связано не только с эффективностью очистки воды, но и со спецификой мембранного оборудования, отличающегося малыми габаритами, простотой монтажа, отсутствием реагентов и т.д. Такие преимущества мембранных систем оказываются решающими при проведении реконструкций крупных объектов, благодаря чему сокращаются сроки строительства и монтажа, а также объемы помещений, предназначенных для водоподготовки.

Литература

1. ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2010.
2. Первов А. Г., Андрианов А. П. Метод ультрафильтрации в современном водоснабжении проблемы и перспективы // Сантехника. – 2006. – № 5.
3. Черкасов С. В. Обратный осмос. Теория и практика применения. URL: <http://wwtec.ru/index.php?id=583>.

Материал подготовила Н.А. Шонина