

УДК 621.184

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА ТЭС**

Астапчик Н.Н.

Научный руководитель – старший преподаватель Нерезько А.В.

В настоящее время расширяется область применения мембранных методов в энергетике. Это вызвано как их технологическими преимуществами, так и экономическими причинами. Сюда же добавляются и соображения экологической безопасности.

Мировыми институтами активно ведутся исследования, направленные на использование ультрафильтрации (УФ) для водоподготовки и очистки сточных вод. Ультрафильтрационная технология разделения растворов известна давно, она успешно применяется в пищевой, химической, микробиологической и других отраслях промышленности, однако в сфере водоснабжения об этом методе всерьез заговорили не так давно.

Переход к ультрафильтрации вызван рядом причин, прежде всего – неудовлетворительным качеством исходной воды. Песчаные зернистые фильтры, входящие в состав всех станций водоподготовки, часто не в состоянии задержать очень мелкие частички (коллоиды), болезнетворные бактерии и вирусы, обычно развивающиеся в этих фильтрах. Именно на ультрафильтрационные мембраны «возложили» обязанность доочистки воды, ведь эти мембраны имеют поры размером 0,01–0,1 микрон, позволяющие задерживать бактерии и вирусы. Ультрафильтрационные мембраны эффективно задерживают взвешенные и коллоидные вещества, органические загрязнения, образующие цветность. Использование ультрафильтрации дает гарантию высокого качества очищенной воды, несмотря на сезонные колебания качества исходной воды. Кроме того, ультрафильтрация может быть использована как самостоятельный метод осветления воды в качестве предочистки перед подачей установки ионообменного обессоливания или умягчения. Современные технологии ионного обмена, в частности, противоточная регенерация, требуют тщательной предочистки по взвешенным и коллоидным веществам. Системы ультрафильтрации могут считаться хорошей альтернативой осветлительным методам.

Технологическими преимуществами УФ процессов над традиционными процессами очистки воды (коагуляцией, осаждением, фильтрованием) являются значительно сокращение рабочих площадей, относительно небольшой объем воды на потребляемых химических реагентов, исключение образования агрессивных высокоминерализованных сточных вод, минимизация вредных воздействий на окружающую среду, высокая степень автоматизации, более простое обслуживание и т.п. В то же время внедрение процессов ультрафильтрации в эти области сдерживается более высокими (в 2–3 раза) по отношению к традиционным технологиям капитальными затратами и эксплуатационными расходами. Значительная часть этих затрат и расходов является результатом мер по борьбе с образованием осадка на поверхности мембран, присутствие которого может резко снизить производительность установок и степень извлечения чистой воды.

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

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс, заключающийся в том, что жидкость под давлением «продавливается» через полупроницаемую перегородку. Размер отверстий (пор) ультрафильтрационных мембран лежит в пределах от 5 нм до 0,05–0,1 мкм. Главное отличие мембранной фильтрации от обычного объемного фильтрования 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 ультрафильтрационных 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 фильтрации. Такие промывки производятся от 1 до 5 раз в час, их продолжительность составляет всего 10–30 секунд, поэтому объем сбрасываемой воды составляет 2–5 % от объема фильтрата. В процессе удаления загрязнений при обратной промывке происходит вынос частиц осадка с поверхности и из пор мембраны. Необходимо отметить, что природная вода – это сложная смесь частиц различной степени дисперсности: от молекул гуминовых кислот до глинистых частичек, поэтому в ней всегда будут присутствовать частицы, соизмеримые с порами ультрафильтрационных мембран. Поэтому полностью избежать стадии закупоривания пор мембраны невозможно.

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

В процессе длительной работы производительность мембранных аппаратов постепенно уменьшается, т.к. 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.

В качестве материала для изготовления ультрафильтрационных мембран в основном используются полимерные вещества – ацетат целлюлозы, полисульфон, полиэтерсульфон, полиамид, полиимид, поливинилиденфторид, полиакрилонитрил и их производные. Большинство ультрафильтрационных мембран – асимметричные, они состоят из тонкого селективного слоя толщиной несколько десятков мкм или менее и пористой подложки, которая обеспечивает механическую прочность. Полимерным мембранам при их изготовлении могут придаваться разнообразные свойства, что позволяет управлять их селективными характеристиками и устойчивостью к загрязнению различными веществами.

Большинство современных полимерных мембран устойчивы к воздействию микроорганизмов и химических соединений в широком диапазоне pH, обладают высокой селективностью и производительностью. Свойства мембран лишь незначительно ухудшаются в течение всего срока службы, который составляет 5 и более лет.

Капиллярные или полволоконные элементы состоят из пучков тонких полимерных трубчатых мембран диаметром 0,7–2,0 мм, фильтрация может производиться «изнутри-наружу» (рисунок 1, а) или «снаружи-вовнутрь» (рисунок 1, б). Они характеризуются довольно высокой плотностью «упаковки» мембран (площадь мембран в одном модуле может достигать 50–60 м<sup>2</sup>), высокими удельными потоками и хорошей гидродинамикой внутри волокон.

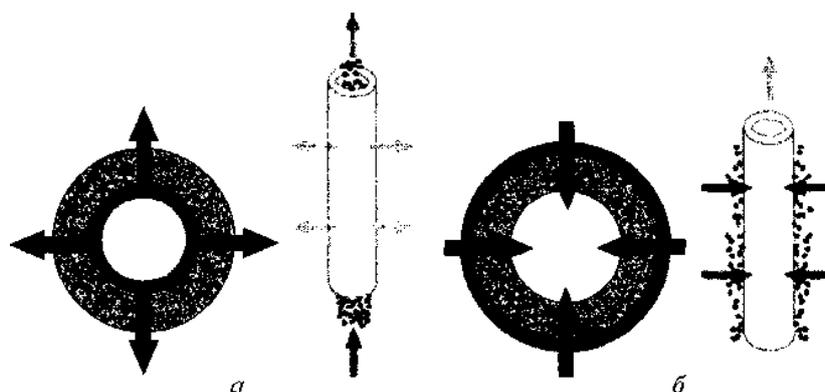


Рисунок 1 – Варианты проведения процесса фильтрации:  
а – изнутри-наружу; б – снаружи-вовнутрь

#### **Преимущества способа фильтрации изнутри-наружу:**

возможность обеспечить высокие значения расхода потока фильтрата при обратной промывке (в 2–5 раз превышающие скорость рабочего фильтрации), что способствует эффективной очистке мембранной поверхности от загрязнений;

возможность регулирования скорости потока воды в канале волокон, с целью обеспечения оптимального гидродинамического режима для снижения эффекта осадкообразования на поверхности мембраны;

возможность обработки в режиме рециркуляции вод с высоким содержанием взвешенных веществ (до 1000 мг/л в случае использования мембран с внутренним диаметром полых волокон более 1,5 мм).

#### **Недостатки способа фильтрации изнутри-наружу:**

меньшая площадь фильтрации и съём фильтрата с одного волокна по сравнению со способом фильтрации снаружи вовнутрь, и, следовательно, более высокие энергозатраты.

#### **Преимущества способа фильтрации снаружи-вовнутрь:**

большая площадь фильтрации и, следовательно, более высокий съём фильтрата с одного волокна; этим обеспечивается возможность использования более низкого давления на стадии фильтрации и, соответственно, снижение энергозатрат;

компактность установок, так как мембранные элементы не всегда должны размещаться в корпусах (например, в случае применения безнапорной или вакуумной фильтрации).

#### **Недостатки способа фильтрации снаружи-вовнутрь:**

низкий расход фильтрата при обратной промывке, что осложняет качественную регенерацию мембраны и может приводить к ее ускоренному загрязнению в рабочем цикле;

невозможность обеспечить однородный характер омывания мембран на стадии фильтрации, что приводит к неравномерному отложению осадка на поверхности мембраны и, как следствие, ограничению допустимого содержания взвесей в воде.

В настоящее время широко расширяется область применения мембранных методов в энергетике, в том числе и ультрафильтрационных технологий. В нашей Республике за последние годы успешно были проведены испытания ультрафильтрационной технологии на Минской ТЭЦ-4, Минской ТЭЦ-5, на Осиповичской мини-ТЭЦ, Вилейской мини-ТЭЦ.

#### **Принципиально важными особенностями технологии УФ являются:**

ультрафильтрационные мембраны при обработке воды поверхностных источников (рек, озер, водохранилищ), а также для очистки сточных вод позволяют задерживать макромолекулы, коллоиды, вирусы, пектины, протеины, загрязнения с высоким молекулярным весом;

технология ультрафильтрации снижает расход воды на собственные нужды до 5–10 %.

при замене традиционной предочистки природных вод на технологию ультрафильтрации резко снижается потребность в площадях благодаря совмещению стадии

осветления и осаждения на фильтрах с зернистой загрузкой с экономией коагулянтов и исключения флокулянтов;

материал мембран (модифицированный полиэфирсульфон или ПВДФ) позволяет использовать мембранные модули и после осветлителей, работающих в режиме коагуляции-известкования, так как мембраны обладают стойкостью к щелочной среде (при  $\text{pH} < 11$ ).

#### Литература

1. Андрианов А.П., Первов А.Г. Перспективы применения мембранных методов ультрафильтрации и нанофильтрации на крупных водопроводных станциях // Проекты развития инфраструктуры города: Сб. науч. трудов. Вып. 4. Комплексные программы и инженерные решения в области экологии городской среды. М., 2004.
2. Брык М.Т., Цапюк Е.А. Ультрафильтрация. – Киев: Наукова думка, 1989.
3. Первов А.Г., Юрчевский Е.Б. Использование мембранных технологий в системах водоподготовки энергетических объектов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2005. – № 5.