

УДК 628.16.067.1

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КАПИЛЛЯРНЫХ МЕМБРАН
USING ULTRAFILTRATION WITH THE USE OF CAPILLARY
MEMBRANES

Г.В. Алимов, П.А. Болбас, А.Д. Яковенко

Научные руководители – В.А. Романко, старший преподаватель,

Е.В. Пронкевич, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

G. Alimov, P. Bolbas, A. Yakovenko

Supervisors – V. Romanko, Senior Lecturer, E. Pronkevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В статье рассматриваются применение ультрафильтрации с использованием капиллярных мембран.

Abstract: The article discusses the use of ultrafiltration using capillary membranes.

Ключевые слова: Ультрафильтрация, мембранная фильтрация, капиллярная мембрана, ультрафильтрационная мембрана, питательная вода.

Key words: Ultrafiltration, membrane filtration, capillary membrane, ultrafiltration membrane, feed water.

Введение

С развитием экономики и прогресса общества уровень жизни людей постоянно повышается, и воздействие человеческой деятельности на окружающую среду также расширяется, что приводит к увеличению загрязнения окружающей среды. Она должна рассматриваться как конечный и драгоценный ресурс. В связи с нехваткой водных ресурсов появились различные виды новых, усовершенствованных и высокоэффективных технологий очистки воды. Ультрафильтрация (УФ) обладает высокой эффективностью, стабильным качеством фильтрованной воды и высокой автоматизации. УФ способна почти полностью удалять коллоидные вещества и взвешенные частицы внутри воды, которые могут быть полностью отфильтрованы. Технология имеет большой потенциал в фильтрации бытовых и промышленных вод. По сравнению с традиционным процессом очистки воды, технология УФ имеет более высокую степень эффективности и более низкое энергопотребление. Важно продолжать изучение технологии ультрафильтрации для улучшения качества воды, защиты водных ресурсов и экологической среды. В 1861 году В. Шмидт [1] впервые в лаборатории успешно завершил эксперимент по ультрафильтрации, сам термин “ультрафильтрация” был впервые предложен в 1906 году Н. Бекхолдом, а первая настоящая ультрафильтрационная мембрана появилась на свет в начале 1960-х годов. В 1970-х годах, с появлением различных видов новых материалов, ультрафильтрационные мембраны быстро вошли в коммерческий оборот. В 1990-х годах индустрия очистки воды смогла быстро развиваться.

В настоящее время ультрафильтрация широко используется в различных областях, таких как подготовка сверхчистой воды в электронной

промышленности, переработка электрофоретических красок, производство напитков и соков, водоснабжение пищевой промышленности, фармацевтическая промышленность, медицинская промышленность, очистка и переработка сточных вод и т.д. В 1970-х годах в нашей стране начали изучать ультрафильтрационную мембрану. В 70-х годах была успешно разработана ультрафильтрационная мембрана из ацетата целлюлозы, а в 80-х годах была успешно разработана ультрафильтрационная мембрана из полого волокна полисульфона (аморфный полимер, получаемый поликонденсацией дикалиевой соли дигидроксидифенилсульфона). Институтом физико-органической химии НАН Беларуси разработаны высокопроизводительные капиллярные мембраны из полисульфона, по характеристикам превосходящие известные зарубежные аналоги. Отсутствие застойных зон позволяет легко осуществлять химическую регенерацию элементов, а высокая механическая прочность - использовать режим промывки обратным потоком. Разработана альтернативная конструкция промышленного фильтрующего элемента для низконапорной тупиковой ультрафильтрации.

Основная часть

Ультрафильтрация – это процесс очистки под давлением, который отделяет твердые частицы от растворимых соединений с использованием ультрадисперсной мембранной среды. Принципиальная схема процесса ультрафильтрации показана ниже (рисунок 1).

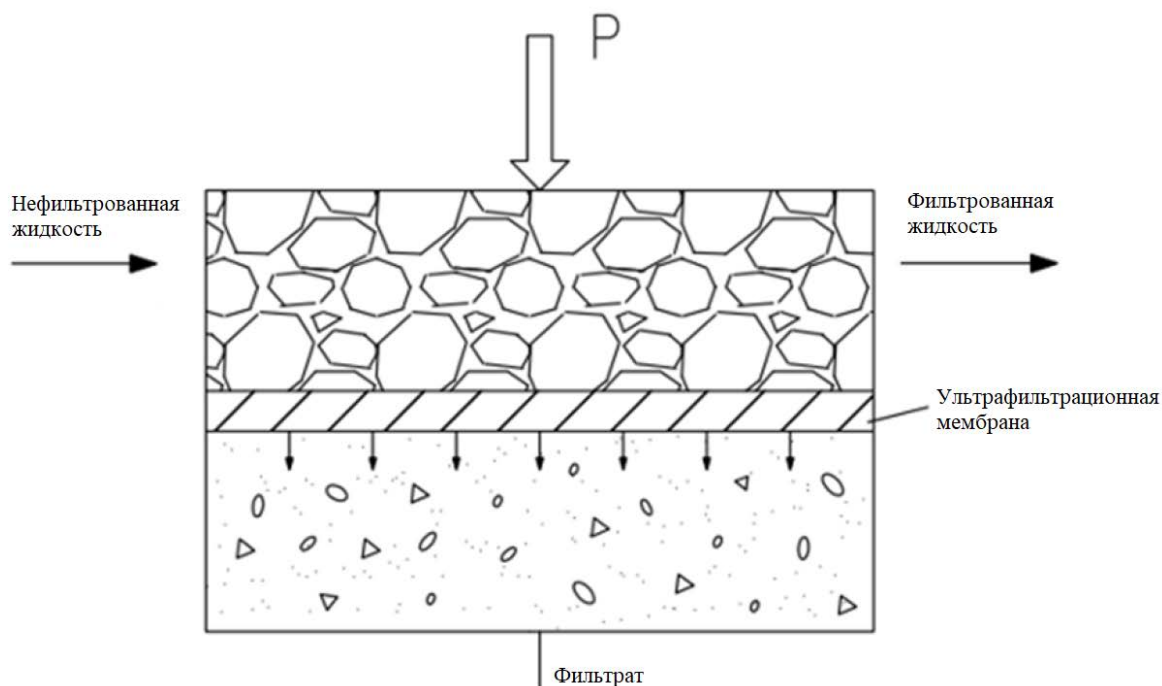


Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса ультрафильтрации

Взвешенные твердые вещества и растворенные вещества с высокой молекулярной массой удерживаются в так называемом ретентате (жидкости до фильтрации мембраной), в то время как вода и вещества низкой молекулярной массой проходят через мембрану в пермеате (фильтрате после мембраны). Таким образом, мембрана действует как физический барьер, исключая вещества по принципу просеивания, и именно по этой причине ультрафильтрационные

мембраны производят такой высококачественный продукт. Ультрафильтрационные мембраны изготавливаются либо в виде плоских листов, либо в виде труб. Мембраны представляют собой узконаправленные трубки с наружным диаметром 1,8 мм и диаметром просвета 1,2 мм (рисунок 2).

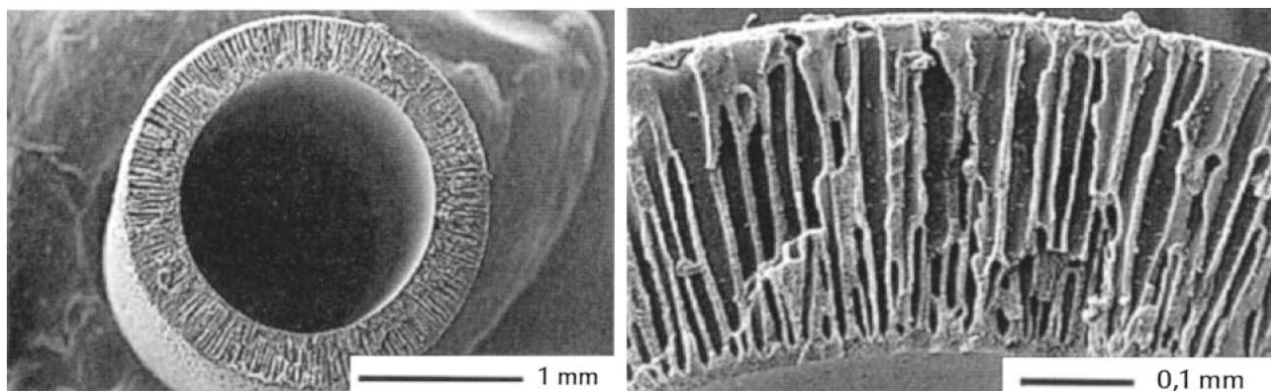


Рисунок 2 – Мембранные трубки

Они имеют внутреннюю оболочку, что означает, что предварительно обработанная питательная вода поступает в просвет, откуда она фильтруется наружу под действием силы давления. Давление через мембрану, необходимое для получения чистой отфильтрованной и обеззараженной воды, обычно составляет менее 200 кПа, обычно 120 кПа. Мембранные фильтры изготавливаются из широкого спектра синтетических материалов, включая ацетат целлюлозы, нитрат целлюлозы (коллодий), полиамид (нейлон), поликарбонат, полипропилен и политетрафторэтилен (тефлон). За исключением поликарбонатных фильтров, большинство из них образуют сложную сеть тонких взаимосвязанных каналов (рисунок 3).

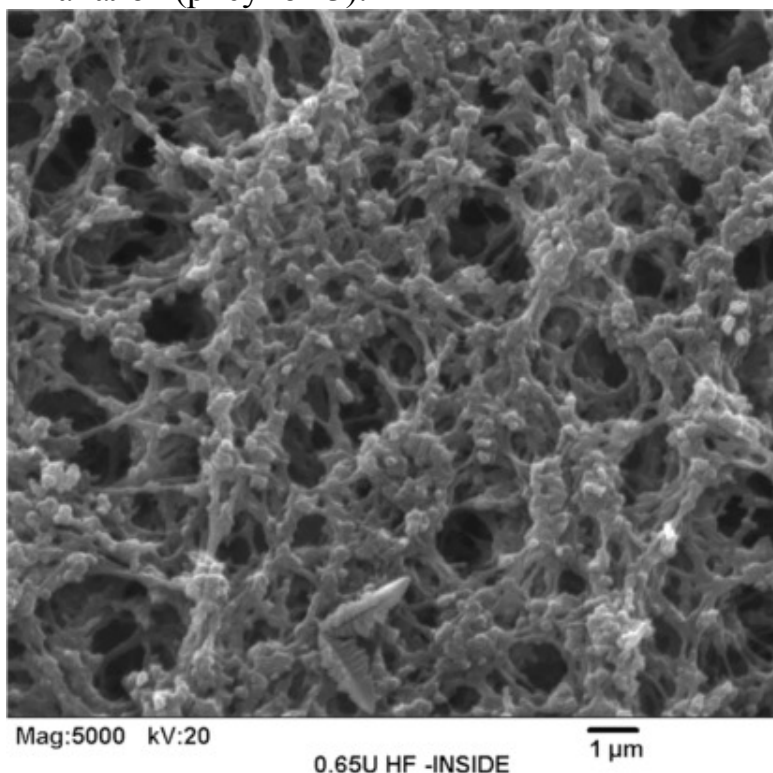
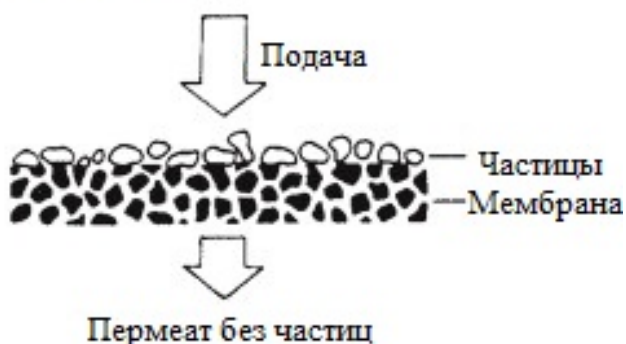


Рисунок 3 – Поликарбонатная мембрана

Фильтры из поликарбоната содержат цилиндрические поры одинакового диаметра, которые проходят непосредственно через фильтр. Поскольку поликарбонатные фильтры имеют небольшую площадь поверхности пор, они редко используются для фильтрации. Для сравнения, большинство других мембранных фильтров содержат 50-85 % фильтрующей поверхности. Таким образом, они имеют улучшенную скорость потока при том же качестве. Из-за малого диаметра пор мембранные фильтры, как правило, имеют более низкую скорость потока. Они также с большей вероятностью затыкаются, потому что большая часть фильтрации происходит на поверхности. Чтобы избежать быстрого закупоривания, можно использовать специальные направляющие, которые направляют поток жидкости параллельно фильтру, а не прямо через него (рисунок 4).

Тупиковая фильтрация



Поперечная фильтрация

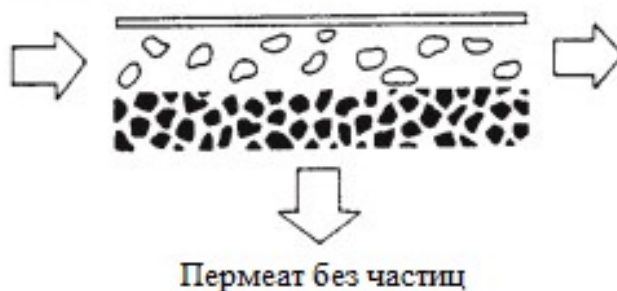


Рисунок 4 – Схема движения воды в разных системах

Параллельная система называется тангенциальной или поперечной фильтрацией потока. Обычный перпендикулярный поток называется тупиковой фильтрацией. При тангенциальной фильтрации поток воды задерживает накопление взвешенного материала на мембране, вызывая закупорку. Загрязнение может быть результатом образования поверхностного слоя. Короткая периодическая обратная промывка увеличивает срок службы фильтров.

Единственная проблема с ультрафильтрационным очистителем воды заключается в том, что он не может удалять растворенные соли в воде. Только обратный осмос может удалять тяжелые металлы и растворенные соли в воде.

УФ не может снизить жесткость воды, сохраняет минералы и оставляет тяжелые металлы, такие как свинец, мышьяк, кальций и магний, а также мелкие вирусные бактерии. В аспекте очистки воды технология ультрафильтрации позволяет удалять взвешенные твердые частицы, бактерии, вирусы и т.д. в воде. Ультрафильтрация может удалить почти все бактерии, вирусы, водоросли и водные организмы и является наиболее эффективной технологией, гарантирующей микробиологическая безопасность воды в настоящее время, и неизбежно приведет к серьезным изменениям в процессе очистки питьевой воды.

Технология УФ первоначально использовалась в химической и фармацевтической промышленности и использовалась для очистки питьевой воды в 1980-х годах [2]. С 1988 года, после строительства первой в мире станции ультрафильтрации городского водоснабжения (2300 м³/сутки) в Берне, Франция, технология ультрафильтрации, как основная технология технологии очистки городской питьевой воды третьего поколения, широко используется в области очистки воды. При обработке источников питьевой воды технология одиночной ультрафильтрации не очень эффективна, но в сочетании с другими процессами может показать хорошую производительность. Сочетание ультрафильтрации и коагуляции также является широко используемым процессом. Добавление процесса коагуляции перед процессом ультрафильтрации может повысить эффективность удаления органических и растворенных загрязняющих веществ малой молекулы, уменьшить загрязнение мембраны и поддерживать высокий поток мембраны. Коагуляция может уменьшить загрязнение мембраны, улучшить производительность мембранной фильтрации и улучшить очистку воды. В будущем следует рассмотреть возможность использования новых коагулянтов для уменьшения загрязнения мембран и повышения эффективности обработки.

Заключение

Технология ультрафильтрации скоро будет широко использоваться в различных областях очистки воды по всему миру. Поскольку эта технология соответствует концепции экологически чистых технологий и может улучшить использование энергии и ресурсов. Хотя срок службы мембран и загрязнение мембран по-прежнему являются важными ограничениями, с постоянным совершенствованием процессов сборки мембран, мембранных материалов, мембранных модулей, проектирования систем, а также технологий эксплуатации и технического обслуживания, технология ультрафильтрации, несомненно, будет получать все большее распространение в области применения для очистки воды.

Литература

1. Кульский, Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – Изд. 2-е, перераб. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 352 с.
2. Фрог, Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – Изд. 2-е. – М. : Издательство МГУ, 1996. – 680 с.