

УДК 621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ
ULTRAFILTRATION METHOD FOR WATER PURIFICATION**

А.С. Караневская

Научный руководитель – Н.Б. Карницкий, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А. Karanevskaya

Supervisor – N. Karnitsky, Doctor of Technical Sciences, Professor
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в настоящее время в энергетике начали активно развиваться новые методы для очистки воды. Одним из таких методов являются ультрафильтрационная технология. Выбор данной технологии объясняется рядом преимуществ как технологических, так и экономических. Ранее ультрафильтрация успешно применялась в других отраслях промышленности, таких как пищевая и химическая. В данной статье рассматривается сущность метода ультрафильтрации, его плюсы и минусы, а также применение данной технологии фильтрации на электростанциях Республики Беларусь.

Annotation: currently, new methods for water purification have begun to actively develop in the energy sector. One of these methods is ultrafiltration technology. The choice of this technology is explained by a number of advantages, both technological and economic. Previously, ultrafiltration was successfully used in other industries, such as food and chemical. This article discusses the essence of the ultrafiltration method, its pros and cons, as well as the application of this filtration technology to the power plant of the Republic of Belarus.

Ключевые слова: ультрафильтрация, мембрана, примеси, очистка.

Key words: ultrafiltration, membrane, impurities, purification.

Введение

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс, который заключается в продавливании жидкости через полупроницаемую перегородку (мембрану). На данный момент научно-исследовательскими институтами было разработано большое количество различных мембран, размер отверстий (пор) которых лежат в пределах от 5 нм до 0,05–0,1 мкм [1].

Использование ультрафильтрации для очистки воды связано, прежде всего, с неудовлетворительным качеством исходной воды. Ранее использовались песчаные зернистые фильтры, которые не позволяли задерживать примеси мелкой дисперсности.

Ультрафильтрация позволяет получать воду более высокого качества, чем различные механические фильтры.

Иногда ультрафильтрацию используют как самостоятельный метод осветления воды перед подачей её на установки ионно-обменного обессоливания или на схему умягчения. Таким образом можно считать ультрафильтрацию хорошей альтернативой, а в перспективе и заменой осветлительным методам.

Основная часть

Как было сказано ранее, ультрафильтрация имеет ряд технологических преимуществ перед традиционными методами очистки воды (коагуляция, осаждение): а именно при использовании данной технологии значительно сокращается число использованных площадей, меньше объём потребляемых химических реагентов, высокая степень автоматизации, лучшее качество воды после фильтрации и т.п.

Однако внедрение данной технологии сдерживается более высокими (примерно в 2–3 раза) капитальными затратами, так как на поверхности мембран может образовываться осадок, который резко снизит производительность установки.

Главным элементом любой ультрафильтрационной системы являются мембранные аппараты, которые бывают различной конструкции, с различным типом мембран и режимом работы. Именно от мембранных аппаратов будет зависеть успех работы всей установки.

Отличие мембранной фильтрации от обычного объёмного фильтрования в том, что в процессе работы на поверхности мембраны накапливаются задерживаемые вещества, которые создают дополнительный фильтрационный слой, обладающий сопротивлением.

Однако в процессе длительной работы производительность аппаратов падает из-за слишком большого слоя веществ, которые были задержаны на мембранах, что приводит к увеличению общего гидравлического сопротивления. Для восстановления производительности мембранные аппараты несколько раз в год промывают химическими реагентами (кислотой или щёлочью) для удаления накопившихся загрязнений.

В качестве материала для ультрафильтрационных мембран используется полимерные вещества: ацетат целлюлозы, полисульфон, полиэтерсульфон, полиамид, полиимид, поливинилоденфторид, полиакрилонитрил и их производные. Конструкция у большинства мембран асимметричная – на поверхности тонкий селективный слой толщиной несколько десятков микрометров (мк) [2] или менее, а в основании пористая подложка, обеспечивающая прочность. Современные мембраны могут работать в широком диапазоне рН, обладают высокой селективностью и производительностью. Срок эксплуатации мембран составляет порядка 5 лет и за это время фильтрационные свойства ухудшаются незначительно.

Снижение срока эксплуатации мембран может произойти из-за истончения верхнего фильтрующего слоя при взаимодействии с взвешенными и абразивными веществами или очищающими химическими реагентами.

Для работы ультрафильтрационной установки необходим перепад давления на мембране всего 5–15 м (0,05–0,15 МПа), поэтому, удельное энергопотребление таких систем (от 0,2 до 0,5 кВт·ч/м³) сопоставимо с энергопотреблением традиционных методов фильтрования [3].

Главный минус ультрафильтрационных мембран – это невозможность существенно повлиять на цветность и окисляемость воды, так как большинство органических соединений, которые содержатся в исходной природной воде имеют размер молекул порядка 10 нанометров (нм) [1] и менее. Следовательно,

наиболее распространённые мембраны, имеющие размер пор порядка 0,01 микрометра (мкм), не смогут задержать данные примеси. Чтобы нивелировать данный недостаток необходимо использовать коагуляцию перед подачей воды на ультрафильтрационную установку. Благодаря данному решению повышается очистка воды по цветности и окисляемости, а также увеличивается срок службы мембран.

Ультрафильтрационные установки собираются в блоки. Блоки могут быть различной производительности. На рисунке 1 представлен ультрафильтрационный блок производительностью 15–20 м³/ч [3].



Рисунок 1 – Ультрафильтрационный блок производительностью 15–20 м³/ч [3]

Помимо удаления из воды различных загрязнений мембранные аппараты могут использоваться для удаления из воды коррозионно–активных газов (кислород и углекислый газ). Мембраны, которые используются для удаления растворённых газов получили название гидрофобные а, метод удаления мембранной дегазацией. Гидрофобная мембрана проницаема для воды, но не проницаема для газов. Дегазация осуществляется без применения каких-либо дополнительных химических реагентов. Установки для мембранной дегазации более экономичные и компактные, в отличие от традиционных методов дегазации (например декарбонизатор).

Установки для мембранной дегазации работают на основе закона Генри-Дальтона. Данный закон устанавливает связь концентрации растворённого в

воде газа и его давлением над поверхностью воды. В установке за счёт подачи продувочного газа для продувки или создания вакуума создаются условия, при которых на внутренней стороне полого волокна мембран осуществляется перенос растворённых газов из жидкой среды (за счёт снижения парциального давления газа в газовой среде). Вода, которую необходимо дегазировать подаётся в мембранный аппарат и проходит по внешней стороне полых волокон мембран. В направлении обратному течению жидкости подаётся продувочный газ или внутренняя сторона мембранного волокна вакуумируется. В результате данных действий создаётся разность концентраций газа в жидкой и газовой средах и начинается перенос растворённого газа из жидкой среды в газообразную.

В зависимости от требуемого качества воды и её расхода мембранные аппараты могут устанавливаться в установки для дегазации различными способами и работать в разных режимах.

Один из способов установки, это модульная конструкция. Она имеет ряд преимуществ, главное из которых это возможность наращиваться производительность путём включения дополнительных аппаратов.

Мембранные декарбонизаторы устанавливаются также после установок обратного осмоса. После установок обратного осмоса происходит снижения рН, что приводит к образованию свободного CO_2 . Наличие свободного углекислого газа приводит к снижению удельного сопротивления воды, уменьшению срока службы ионно-обменного материала, а также может в какой-то степени повлиять на работу основного оборудования.

Также мембранные декарбонизаторы могут устанавливаться между ионообменными фильтрами, так как после прохождения воды через катионитный фильтр образуется большое количество CO_2 которое необходимо удалить перед подачей воды на анионитный фильтр или ФСД (фильтр смешивающего действия). Их установка приводит к увеличению срока службы ионита и уменьшению химических реагентов на его регенерацию.

Свободный углекислый газ появляется между ступенями обратного осмоса при использовании двухступенчатого обратного осмоса. Как правило, снижение рН среды которое и приводит к образованию CO_2 происходит после первой ступени. В схемах, где после первой ступени обратного осмоса подаётся щёлочь, установка мембранного декарбонизатора приводит к снижению затрат на химические реагенты.

Наличие в воде кислорода приводит к коррозионным повреждениям технологического оборудования. Для удаления кислорода из воды также используют мембранные декарбонизаторы.

Мембранные декарбонизаторы могут использоваться как для полной замены альтернативных методов декарбонизации, так и для частичного удаления O_2 , с доочисткой традиционным способом.

В Республике Беларусь на данный момент ультрафильтрационные установки не используются, однако за последние годы успешно прошли испытания по опробованию данной технологии на Минской ТЭЦ-4, Минской ТЭЦ-5, Минской ТЭЦ-2, на Осиповичской мини-ТЭЦ, Вилейской мини-ТЭЦ.

Заключение

Успешно проведённые испытания ещё не являются основаниями для возможности дальнейшего расширения данного метода. Использование ультрафильтрационных мембран ограничено видами различных загрязнений, которые содержатся в воде.

Так, снижение цветности (обусловленной растворимыми в воде гуминовыми веществами с молекулярной массой от 2000 до 250000 а.е.м.) [3], а также удаление из воды хлорорганических веществ – невозможно осуществить ультрафильтрационными мембранами. Однако специалисты разрабатывают различные комбинированные схемы с использованием различных процессов.

Литература

1. Андрианов, А.П. Методика определения параметров эксплуатации ультрафильтрационных систем очистки природных вод / А.П. Андрианов, А.Г. Первов // Критические технологии. Мембраны. – 2003. – № 2. – С. 16–18.
2. Астапчик, Н.Н. Применение технологии ультрафильтрации для предварительной обработки воды на ТЭС / Н.Н. Астапчик; науч. рук. А.В. Нерезько // Актуальные проблемы энергетики: материалы 72-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 452–455.
3. Методы ультрафильтрации в современном водоснабжении проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / Aquasorbent. – Режим доступа <https://aquasorbent.ru/articles/1-metod-ultrafiltratsii-v-sovremennom-vodosnabjenii-problemyi-i-perspektivy/>. – Дата доступа: 29.10.2023.