

УДК 338.984

**МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ  
MEMBRANE WATER PURIFICATION TECHNOLOGIES**

В.Р. Бежелев, Е. М. Стельмак

Научный руководитель – В.А. Романко, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Bezhelev, E. Stelmak

Supervisor – V. Romanko, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** В данной статье рассмотрим принцип работы мембранной технологии очистки воды и подробно опишем преимущества и недостатки данной технологии.*

***Abstract:** In this article, we will look at the operating principle of membrane water purification technology and describe in detail the advantages and disadvantages of this technology.*

***Ключевые слова:** мембрана, очистка, эффективность, вода, загрязнения.*

***Keywords:** membrane, cleaning, efficiency, water, pollution.*

**Введение**

Мембранные технологии очистки воды – это наиболее совершенные методы фильтрации, в основе которых лежит использование полупроницаемых мембран для исключения различных примесей и загрязнений из воды. Эти технологии широко используются в различных приложениях, включая очистку питьевой воды, очистку сточных вод и опреснение.

**Основная часть**

Данный мембранный метод очистки стал одним из передовым методом очистки воды за последние годы и следовательно использование данный тип фильтра широко распространен среди промышленности и различных исследованиях, а сравнительно недавно было продемонстрировано, что ее также можно использовать и для очистки сточных каналов. Мембранный метод основывается на таком процессе, который управляется давлением. Как только поток воды попадает на мембрану и собирается по обе стороны фильтрующего элемента разделяется на два отдельных потока. Поток с большим объемом, проходя через мембрану, сливается уже очищенным и уходит потребителю. Другая часть воды смывает всю скопившуюся грязь с сетки, через которую только что прошел первый поток, и отводится (отсасывается) в дренажную зону. Степень фильтрации зависит от размеров пор в сетке, то есть чем они меньше, тем лучше очистка.

Существуют несколько типов классификации мембран в зависимости от размеров пор в сетке:

- Микрофильтрация. Это такой тип мембран, в котором происходит разделение частиц от поступающей жидкости. Их размер варьируется от 0,1 до 10 микрометров, что обеспечивают эффективное удаление так называемой мутности: взвешенные твердые вещества, коллоидные

- частицы и другие более крупные субстанции. За счет таких больших размеров пор эти мембраны микрофльтрации служат только для удаления крупных частиц и, как правило, являются самой первой ступенью очистки. Еще одной проблемой этих мембран является высокая степень загрязнения в сравнении с другими, что требует наиболее частой очистки или их смены;
- Ультрафльтрация. Мембраны ультрафльтрационной очистки используются в наиболее мелких масштабах чем в микрофльтрации. Размеры пор изменяются в диапазоне от 0,01 до 0,1 микрометра. Такой размер пор может отделять более мелкие частицы, коллоиды и другие вещества. Очень важны материалы использующиеся при изготовлении этих мембран, которые обеспечивают долговечность работы, такие как полиэфирсульфон, ацетат целлюлозы, керамические покрытия и другие.
  - Ультрафльтрация. Данный тип мембран используется между обратным осмосом (RO) и ультрафльтрацией. В среднем размеры пор составляют от 1 нанометра до 10 нанометров, что способны останавливать наиболее мелкие частицы, молекулы и стараются задерживать некоторые соли, которые содержатся в воде;
  - Обратный осмос (RO). Это последняя ступень очистки, размеры пор которой самые узкие и составляют менее 1 нанометра. Служат для задержания растворенных солей, гумусовых веществ, вирусов и других самых мелких молекул. В большинстве случаев они изготавливаются тонкопленочных материалов, таких как полиамидного и полиэфирсульфонового слое.

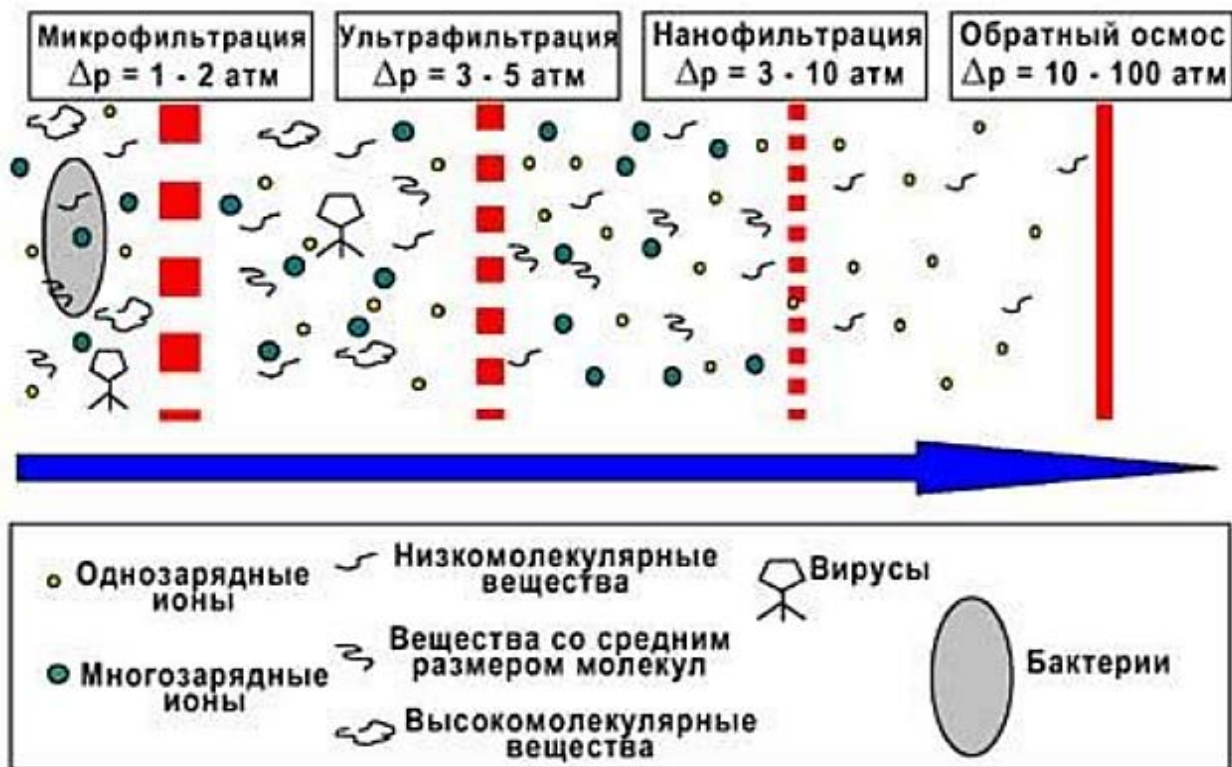


Рисунок 1 – Классификация мембранных процессов по удаляемым примесям [1]

Больше всего распространены пористые мембраны в котором жидкость переносится с помощью конвективного потока в порах. Они также осуществляют свою деятельность в процессах обратного осмоса, микро- и ультрафильтрации. Менее распространены непористые мембраны (диффузионные). Они в основном используются для разделения жидкой и газовой фазы с помощью метода испарения через мембрану, так как имеют большое гидравлическое сопротивление [1].

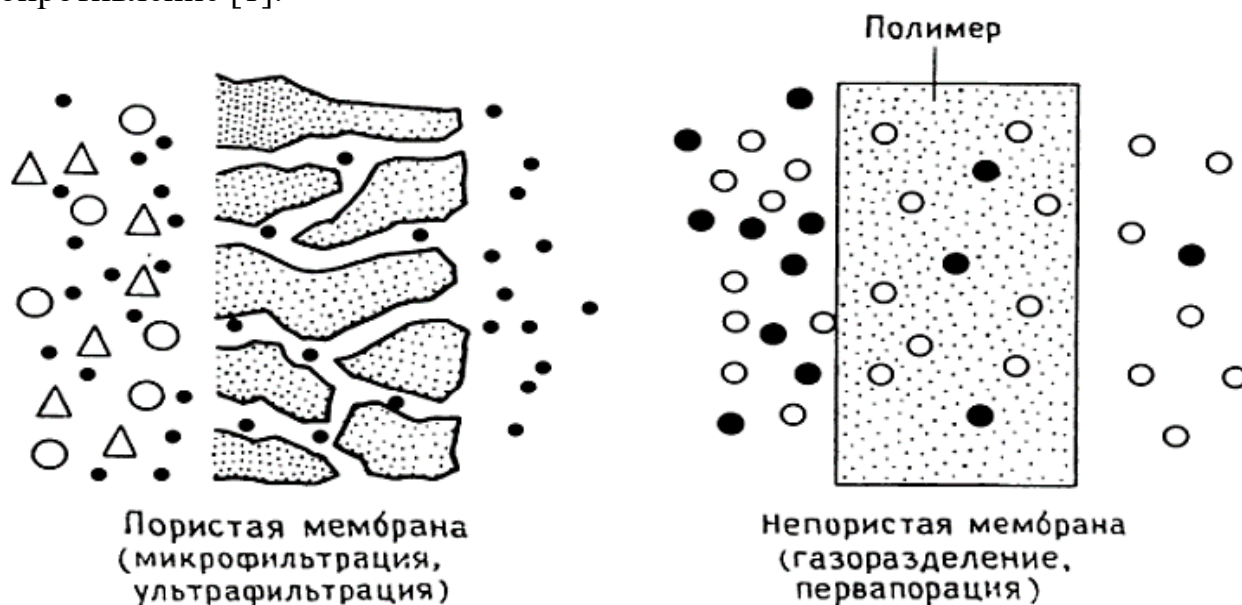


Рисунок 2 – Классификация мембранных процессов по структуре пористости [2]

Мембранные процессы бесспорно имеют некоторые преимущества при очистке воды на теплоэлектростанциях, в сравнении с другими технологиями [2]:

- Первой и самой главной составляющей этого процесса является достижение наибольшей эффективности. В этом неотъемлемую роль играет такой процесс как обратный осмос (RO), который, в свою очередь, позволяет искоренять из воды минералы, различные растворенный соли и другие соединения или примеси с высокой эффективностью. Выше описанное способствует улучшению качества воды, которая может использоваться, в различных видах, на тепловых электростанциях;
- Уменьшение концентрации химикатов во время очистки. Мембранные процессы могут справляться с меньшим количеством химикатов или вообще исключить их, что снижает потребность в использовании этих химикатов и, соответственно, выбросы в окружающую среду сводятся к нулю;
- Мембранные технологии снижают расход воды за счет повторного использования перерабатываемой воды. В процессе очищения и обеззараживания речных или сточных вод, мембраны способны осуществлять качественную очистку этих вод, что, в свою очередь, позволяет повторно подавать эту воду в качестве питательной воды, для градирен и других различных процессов. Эти действия приводят к экономии воды на станции и рациональному ее использованию;

- Избежание образования накипи и ее подобных образований. Мембранный процесс очистки ликвидирует различного рода накипи и наростов появляющихся в основном в вспомогательном оборудовании и в котлах из-за наличия солей и примесей в воде. Чистая вода – залог долговечности оборудования станции и, следовательно, повышение ее эффективности;
- Мембранные технологии позволяют следовать экологическим стандартам. В данном случае речь идет о качестве сбрасываемой воды. Мембраны уменьшают концентрацию, а где-то и полностью исключают, вредных соединений и загрязняющих веществ, что минимизирует воздействие на окружающую среду.

Помимо некоторых преимуществ присутствуют и недостатки в этом процессе [3]:

- Существенные первоначальные денежные вложения. Мембранные технологии, а также их установка, весьма дорогое удовольствие, которая не каждая компания может потянуть. По этой причине начальные инвестиции играют очень важную роль в осуществлении этой технологии;
- Большие энергетические затраты. Наибольшие затраты на энергию тянет на себе в мембранных процессах работа обратного осмоса (RO), в котором необходимо поддерживать высокое давление, вынужденное для процесса разделения, что приводит к дополнительным затратам энергии. Данные затраты энергии влияют эффективность станции и повышение самих затрат;
- Замена и техобслуживание мембран. Сами мембраны необходимо менять или производить очистку через определенный промежуток для избежание выхода из строя всего устройства. Эта очистка включает промывку, химическую обработку и отслеживание для избежания будущего загрязнения. Обслуживание или, в крайних случаях, выход из строя и последующая замена может требовать больших денежных ресурсов и определенного опыта;
- Выведенные из строя мембраны, по причине окончания срока службы или определенной поломки, требуют утилизации. При их утилизации могут возникнуть некоторые проблемы для окружающей среды, так как в них содержится большая концентрация загрязняющих веществ и разных химикатов, которые могут нанести вред природе, что приводит нас к дополнительным затратам на утилизацию.

Поскольку теплоэлектростанциям в большинстве случаев необходимо располагаться вблизи рек, озер или других водных источников для процессов охлаждения и т.д. они подвергаются применению загрязненной воды. Раньше все проблемы с коррозией и накипи основывались на использовании загрязненной воды. Низкое качество воды снижает эффективность всей системы станции и приводит к сокращению срока службы вспомогательного оборудования. Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод, что от степени очистки воды зависит вся работа станции.

## Заключение

В общем и целом, большую эффективность для решения проблемы с охлаждением воды в промышленности служат эжекционные градирни, в частности, проблемы с загрязненной водой.

## Литература

1. Водоподготовка на тепловых станциях [Электронный ресурс] / Водоподготовка на тепловых станциях. – Режим доступа: [http://www.chipk.ru/data/2\\_15\\_Nikolaeva\\_membrannie\\_tehnologii.pdf](http://www.chipk.ru/data/2_15_Nikolaeva_membrannie_tehnologii.pdf) /. – Дата доступа: 12.04.2024.
2. Водоподготовка водно-химические режимы в теплоэнергетике [Электронный ресурс] / Водоподготовка водно-химические режимы в теплоэнергетике. – Режим доступа: <https://www.tstu.ru/book/elib1/pdf/2023/XoroxorinaIV.pdf> /. – Дата доступа: 12.04.2024.
3. Комплексные технологические схемы очистки сточных вод с возвратом воды в производство [Электронный ресурс] / Комплексные технологические схемы очистки сточных вод с возвратом воды в производство. – Режим доступа: [https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/5\\_2015/ogbus\\_5\\_2015\\_p336-375\\_BalandinaAG\\_ru.pdf](https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/5_2015/ogbus_5_2015_p336-375_BalandinaAG_ru.pdf) /. – Дата доступа: 12.04.2024.