

Васильев Дмитрий Владиславович, студент 3 курса бакалавриата института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Dima136v@yandex.ru

Научный руководитель – Лентяева Екатерина Алексеевна, к.т.н., доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязев, elentyaeva@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются различные виды мембран, применяемых для очистки сточных вод. Описываются принципы работы и характеристики микрофльтрационных, ультрафльтрационных и нанофльтрационных мембран, а также технологии обратного осмоса. Обсуждаются преимущества и недостатки каждого вида мембран, что помогает понять, какой тип наиболее подходит для конкретных задач очистки воды.

Ключевые слова: мембрана, вода, очистка, обратный осмос, водоподготовка.

MEMBRANE TYPES FOR WASTEWATER TREATMENT

Vasiliev Dmitriy Vladislavovich, Bachelor student, Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Dima136v@yandex.ru

Scientific supervisor – Lentyaeva Ekaterina Alekseevna, Ph.D in Technical Science, Associate Professor, Department of Agricultural Water Supply, Sewerage, Pumps and Pumping Stations, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, elentyaeva@mail.ru

Annotation. This article explores various membrane types used for wastewater treatment. The principles of operation and characteristics of microfiltration, ultrafiltration, and nanofiltration membranes are described, along with reverse osmosis technology. The advantages and disadvantages of each membrane type are discussed, aiding in the understanding of which type is most suitable for specific water treatment objectives.

Key words: membrane, water, treatment, reverse osmosis, wastewater,

particles.

Введение

Основным источником водоснабжения в большинстве регионов Российской Федерации (РФ) являются поверхностные воды рек (водохранилищ) и озер, на долю которых приходится 65-68% от общего объема забора воды. Однако, несмотря на ряд мер государственной поддержки экологического и реабилитационного характера таким как Федеральный проект (ФП) «Чистая вода», нацпроект «Экология», большинство водных объектов и на сегодняшний день характеризуются низким качеством воды и требуют водоподготовки для дальнейшего их использования как в хозяйственно-питьевом, так и в промышленном водоснабжении [1]. При выборе технологий водоподготовки первостепенную роль играет объективная оценка источника водоснабжения [2,3,4]. Гидрохимический режим поверхностных водоисточников формируется в условиях интенсивной хозяйственной деятельности на водосборах [5].

Так например створы бассейна в р. Волги в течение многолетнего периода преобладали с водой 3-го класса качества ("загрязненная" или "очень загрязненная"), в 2023 г. число которых составило 87,9 %. По данным фонового загрязнения поверхностных вод Российской Федерации согласно результатам анализа сети комплексного фонового мониторинга в 2023 г. фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах большинства районов Российской Федерации соответствовало интервалам величин для ртути 0,05–1,67 мкг/л, свинца 0,43–1,91 мкг/л, кадмия 0,02–0,22 мкг/л. [6]. Так же стабильное превышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) в поверхностных водных объектах РФ наблюдается по наиболее распространенным загрязняющим веществам таким как соединения меди, железа, цинка, марганца, алюминия, фенолы, нефтепродукты, органические вещества [7,8].

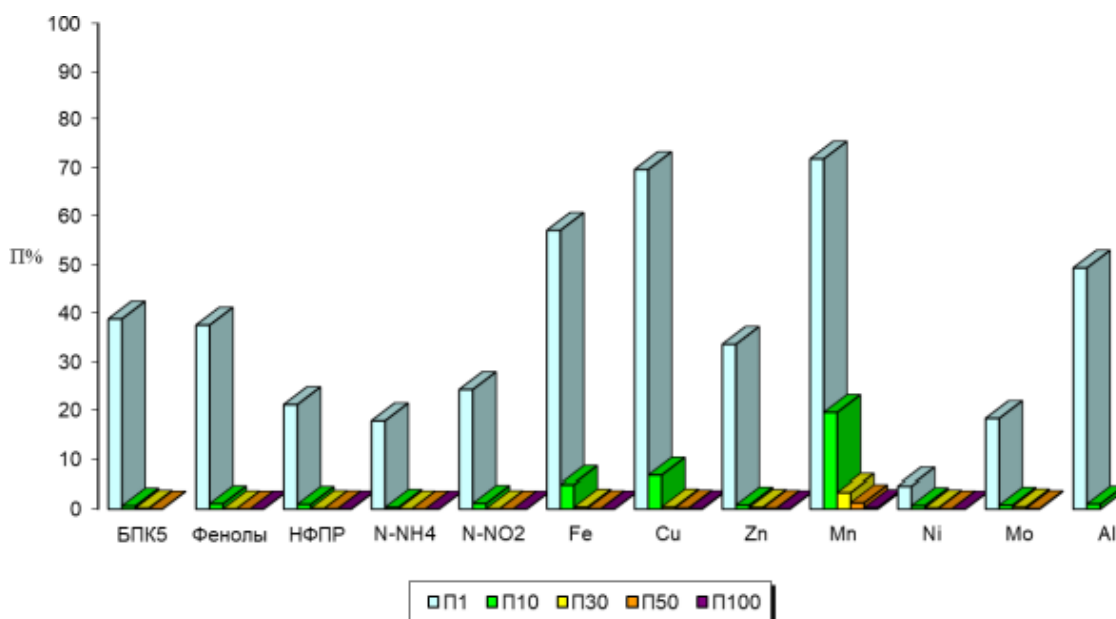


Рисунок 1 – Соотношение повторяемостей (П1) концентраций разного

уровня отдельных загрязняющих веществ в поверхностных водах Российской Федерации в 2023 г [6]

Один из наиболее эффективных методов водоподготовки – применение мембранных технологий. В данной статье мы рассмотрим основные типы мембран, которые используются для очистки вод, их плюсы и минусы.

Задачами мембранной технологии применительно загрязненным водам являются:

- очистка вод, содержащих загрязняющие вещества;
- очистка вод, содержащих растворенные и эмульгированные загрязнения;
- вывод и утилизация загрязняющих веществ,
- концентрирование и очистка органических и неорганических компонентов;
- доочистка воды после очистных сооружений (удаление остаточной биомассы, органических загрязнителей, снижение цветности и др.):
- удаление биологически стойких загрязнений;
- возврат очищенной воды на повторное использование или сброс в канализацию.

В процессах разделения водных смесей полупроницаемая мембрана является селективно разделяемой перегородкой, позволяющая отделять определенные компоненты, размер которых варьируется от долей микронов до истинно растворенных веществ (молекулы, ионы) (рис.2).

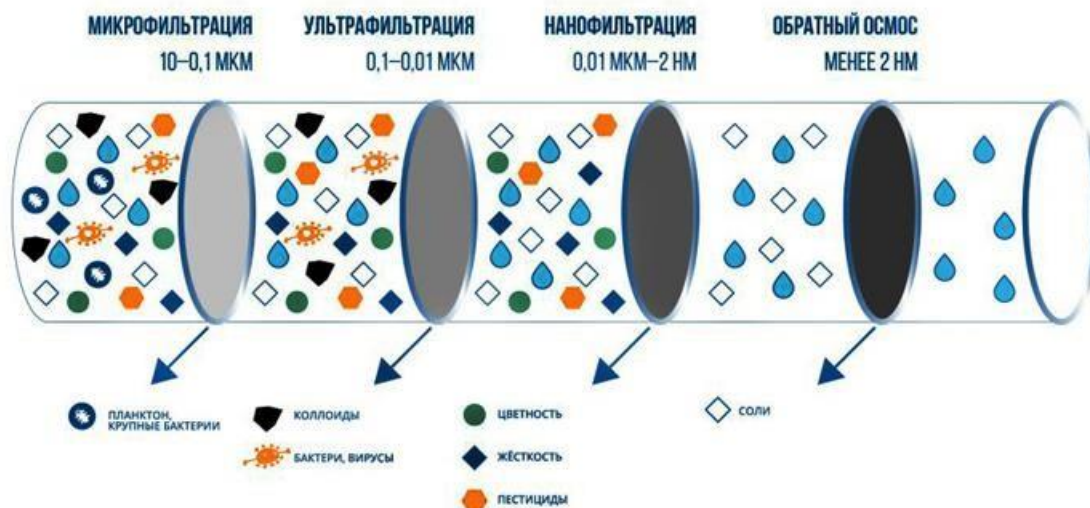


Рисунок 2 – Схема очистки воды в зависимости от типа мембран [9]

Разделение растворов происходит благодаря движущей силе (градиенту потенциала), то есть различным процессам по обе стороны мембраны. Мембранные процессы подразделяются на: баромембранные с перепадом давлений (ΔP), термомембранные при разности температур (ΔT), электромембранные при разности электрохимического потенциала (ΔU), диффузионные при разности концентраций (ΔC). Соответственно движущей силой в данных процессах являются - перепад давлений или

трансмембранное давление, разность температур, разность электрохимического потенциала, разность концентраций [10]. К методам разделения жидкостей нашедшим практическое значение в настоящее время относятся: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

Микрофильтрационные мембраны применяются для устранения из сточных вод твердых частиц, таких как песок, глина и другие механические примеси. Их поры имеют размер от 0,1 до 10 мкм и могут быть изготовлены из различных материалов, включая полипропилен, нейлон и полиэфирсульфон.

Эти мембраны широко используются в разных сферах, например, в очистке сточных вод (удаление песка, глины и других механических примесей из сточных вод перед последующей обработкой), в пищевой промышленности (очистка воды от твердых частиц, которые могут повлиять на качество продукции) и в фармацевтической промышленности (обеспечение чистой воды, используемой в производстве лекарственных препаратов) [11].

Преимущества микрофильтрационных мембран:

- эффективное удаление твердых частиц - микрофильтрационные мембраны способны эффективно удалять твердые частицы из воды, обеспечивая её чистоту;
- простота конструкции и эксплуатации делает микрофильтрационные мембраны удобными в использовании;
- низкая стоимость по сравнению с другими методами очистки,

Недостатки микрофильтрационных мембран:

- не удаляют растворённые вещества;
- требуют регулярной очистки или замены для поддержания эффективности очистки

2. Ультрафильтрационные мембраны

Принцип работы ультрафильтрационных мембран основан на использовании пор определённого размера, которые позволяют пропускать воду, но задерживать коллоидные частицы и микроорганизмы. Размер пор может варьироваться от 0,01 до 0,1 мкм, что позволяет выбирать оптимальный вариант для конкретных задач очистки [10,11].

Преимущества ультрафильтрационных мембран:

- высокая эффективность очистки от коллоидных частиц и микроорганизмов;
- возможность использования в различных областях, включая пищевую промышленность и медицину;

Недостатки ультрафильтрационных мембран:

- более высокая стоимость по сравнению с микрофильтрационными мембранами;
- необходимость тщательного контроля параметров процесса очистки. для обеспечения эффективной работы ультрафильтрационных мембран необходимо тщательно контролировать параметры процесса очистки, такие как давление, температура и скорость потока.

3. Нанофильтрационные мембраны

Наночильтрационные мембраны предназначены для удаления из сточных вод ионов металлов, солей и других растворённых веществ. Они имеют поры размером от 0,001 до 0,01 мкм и также изготавливаются из различных материалов.

Наночильтрация служит для умягчения воды из артезианских скважин, предфильтрации морской воды, получения концентрированных растворов в фармацевтической, парфюмерной и пищевой промышленности и т.д. [10,11,12].

Преимущества наночильтрационных мембран:

- удаление растворённых веществ, которые не удаляются другими методами;

- возможность повторного использования очищенной воды.

Недостатки наночильтрационных мембран:

- более сложная конструкция и эксплуатация;

- более высокая стоимость.

4. Обратный осмос

Обратный осмос представляет собой процесс, в ходе которого жидкость под высоким напором проникает через специальную полупроницаемую мембрану, оставляя на ней растворенные субстанции. Принцип работы заключается в том, что пленка пропускает только молекулы жидкости, фильтруя молекулы, ионы или частицы более крупного размера. Этот способ фильтрации успешно отделяет от жидкости неорганические примеси, органические вещества, микроорганизмы. Обратный осмос используют для производства питьевой жидкости, очищения ее от тяжелых металлов, пестицидов и иных веществ. Кроме того, его применяют в пищевой и фармацевтической отрасли.

Преимущества обратного осмоса:

- очень высокая степень очистки: обратный осмос позволяет удалять из воды практически все загрязнения;

- возможность получения чистой воды для питья и других целей.

Недостатки обратного осмоса:

- высокие затраты на оборудование и эксплуатацию: установка системы обратного осмоса может быть дорогостоящей;

- образование концентрата: в процессе очистки образуется концентрат, который содержит все загрязнения, удалённые из воды. Этот концентрат необходимо утилизировать.

Выводы. Выбор типа мембраны зависит от конкретных требований к водоподготовке и доступных ресурсов. Обратный осмос – один из самых эффективных методов очистки воды от любых загрязнений. Но он задерживает практически все растворенные в воде частицы. А на практике часто нужна не полная, а селективная фильтрация частиц, также называемая фракционированием. Целью фракционирования является сохранение растворенных в воде полезных веществ. Кроме того, чем тоньше степень фильтрации, тем дороже оборудование и его обслуживание. Поэтому необходим анализ и предварительное проектирование системы водоподготовки.

Для небольших объёмов можно использовать микрофльтрационные или ультрафльтрационные мембраны, а для больших объёмов — обратный осмос. Однако нанофльтрационные мембраны представляют собой золотую середину между этими двумя типами, обеспечивая более высокую степень очистки, чем микро- и ультрафльтрация, но при этом обладая более низкой стоимостью по сравнению с обратным осмосом.

Современные технологии позволяют комбинировать различные виды мембран для достижения оптимальных результатов при минимальных затратах ресурсов. Мембранные технологии продолжают развиваться, предлагая новые решения для водоподготовки и экологически чистой обработки сточных вод [10,11,12].

Библиографический список

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД 2023 (ПРОЕКТ) О СОСТОЯНИИ И ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РФ [Электронный ресурс]// URL: (дата обращения: 07.11.2024).

2. https://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyani_i_ob_ohrane_okruzhayushchey_sredy_v_rossiyskoy_federatsii/

3. Водозаборные сооружения поверхностных и подземных вод Али М.С., Рожков А.Н. Учебник / Москва, 2016.

4. Предложение технологии для справочников НДТ по очистке и использованию дренажно-сбросных вод. Лентяева Е.А. / В сборнике: Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н.Костякова». 2014. С. 371-378.

5. Компьютерная модель оценки эффективности инвестиций в реализацию мероприятий федеральной целевой программы "развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на период 2014-2020 гг." Кирейчева Л.В., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А. Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 4. С. 16-23.

6. Оценка диффузного загрязнения от сельскохозяйственных территорий в бассейне верхней волги и разработка мероприятий по его снижению на примере реки Яхромы Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А., Тимошкин А.Д., Яшин В.М. Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 523-535.

7. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЕЖЕГОДНИК 2023 [Электронный ресурс] // URL: https://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202023_30.09.2024.pdf (дата обращения: 07.11.2024).

8. Оценка количества и качества дренажных и поверхностных вод, поступающих в речную сеть бассейна реки волги с осушительных систем нечерноземной зоны РФ Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А. В сборнике:

Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 215-221.

9. Росвода [Электронный ресурс]
URL: <https://rosvoda.com/products/membrana-uf-10r-rouf-4040-d90-1016> (дата обращения: 07.11.2024).

10. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОДООЧИСТКЕ И ВОДОПОДГОТОВКЕ. В. ХОРОХОРИНА, А. В. КОЗАЧЕК, А. О. СУХОВА, О. С. ФИЛИМОНОВА, О. В. ДОЛГОВА, С. И. ЛАЗАРЕВ/Учебное электронное издание [Электронный ресурс] // URL: <https://tstu.ru/book/elib1/pdf/2023/XoroxorinaIV.pdf> (дата обращения: 07.11.2024)

11. Водоподготовка [Электронный ресурс]
URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles/34/6851/6851.pdf (дата обращения: 07.11.2024)

12. НАНОФИЛЬТРАЦИЯ ВОДЫ - ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ / [Электронный ресурс] // АКВАНЕМ: [сайт]. — URL: <https://aquanem.ru/information/nanofiltratsiya-vody-osobennosti-tekhnologii.html> (дата обращения: 07.11.2024)