

Мембранные технологии – современное решение задачи улучшения качества питьевой воды для сельских районов

Е.В. Вильсон¹, В.А. Онкаев²

¹Донской государственной технической университет

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова

Аннотация: Отмечено, что традиционные технологии не обеспечивают удаление органических веществ из воды, а первичное хлорирование приводит к образованию в ней высокотоксичных галогенорганических соединений. Показана перспектива применения мембранных технологий для очистки воды поверхностных источников на базе: микро-, ультра- и нанофильтрации, обратного осмоса, позволяющая решить поставленную задачу. Это было реализовано при очистке воды рек Дон и Москва с применением биосорбционно-мембранного метода, предусматривающего сорбцию на активных углях, биологическое окисление органических веществ и фильтрование через мембрану. Полученные результаты дают основание для широкого применения этого метода на очистных сооружениях малых населённых пунктов, что особенно актуально для юга страны, в частности, Ростовской области и Республики Калмыкии.

Ключевые слова: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос, ультрафильтрационные мембраны, биосорбционно-мембранный реактор, очистка природной воды, порошкообразный активный уголь, биосорбционно-мембранный метод, мембранное фильтрование.

Для централизованного водоснабжения в России в основном используются поверхностные воды рек, озер, водохранилищ, качество которых постоянно ухудшается [1]. Основные источники поступления загрязняющих веществ в водоёмы это недостаточно очищенные бытовые и промышленные сточные воды, содержащие органические соединения, такие как: пестициды, синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, фенолы и др. [2]. В большинстве случаев концентрация этих компонентов в воде превышает предельно-допустимые значения [1].

Для получения воды питьевого качества в практике водоподготовки, в основном, используют коагуляцию с последующими отстаиванием и фильтрованием. С целью обеззараживания традиционно применяют окислители на основе хлора, например, гипохлорит натрия [3, 4].

Улучшить качество питьевой воды для централизованного

водоснабжения с учётом состояния водных объектов уже сегодня невозможно с помощью традиционных технологий, т.к. они не обеспечивают необходимую степень очистки воды от органических веществ, а первичное хлорирование приводит к образованию высокотоксичных галогенорганических соединений [5].

Одним из способов очистки природной воды в сложившейся ситуации является применение мембранных технологий на базе: микро-, ультра- и нанофильтрации, обратного осмоса [6]. Эта технология позволяет надёжно и экономично очищать исходную воду от различных примесей, используя минимальное количество реагентов. Для обработки природной воды в основном применяется мембранная ультрафильтрация в сочетании с коагуляцией [7]. Проведенные научные исследования [6], показали перспективность и высокую эффективность ультрафильтрации для очистки природных вод. В России известны станции очистки воды, где внедрена технология ультрафильтрации. Это Юго-Западная водопроводная станция (г. Москва) и установка водоподготовки в г. Озерске [6].

В настоящее время известны работы [8-12], где авторами предлагается метод, сочетающий в себе мембранное фильтрование и сорбцию на порошкообразном активном угле (ПАУ). Такой метод получил название – биосорбционно-мембранный, а реализуется он в биосорбционно-мембранном реакторе (БМР).

Данный метод апробирован на природной воде рек: Москва, Яуза Ока, Дон [8-10]. Так, например, показатели качества воды р. Москва, прошедшей обработку в БМР, имели следующие значения [9]: перманганатная окисляемость за время экспериментов в среднем снижалась с 7,4 мг/л (сырая вода) до 4,1 мг/л (пермеат); концентрация нефтепродуктов - с 0,113 до 0,02 мг/л; удаление аммонийного азота происходило в среднем с 1,2 мг/л до 0,1 мг/л. В БМР происходило снижение БПК_{полн} в среднем с 2,32 мг/л до

0,57 мг/л; цветность - с 34,0 до 20,0 град. ПКШ. Концентрация взвешенных веществ пермеате не превышала 0,1 мг/л.

Исследования [8, 10], проведенные с водой р. Дон (нижнее течение), подтвердили высокую эффективность удаления органических загрязнений биосорбционно-мембранным методом. В ходе экспериментов были получены следующие результаты. Концентрация органических загрязнений, оцениваемых по ХПК, в сырой донской воде была в пределах 17,5–41,2 мг/л, после БМР за весь период наблюдений в среднем составляла 16,7 мг/л. Перманганатная окисляемость в природной воде изменялась от 3,8 до 7,3 мг/л, в пермеате – от 1,3 до 6,4 мг/л. В среднем перманганатная окисляемость снижалась с 4,8 до 3,2 мг/л, а цветность воды в биореакторе в среднем с 13,2 до 5,6 град. ПКШ. Взвешенные вещества в пермеате за период эксперимента отсутствовали.

Полученные результаты исследований воды рек Москва и Дон удовлетворяли требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по всем основным загрязняющим компонентам. На основании вышесказанного, можно заключить, что основные преимущества БМР – практически полное удаление взвешенных частиц, высокое качество очистки, стабильная и надежная работа независимо от сезона года. Совместное действие микроорганизмов и ПАУ обеспечивают высокую эффективность удаления органических веществ, как по ХПК, так и по перманганатной окисляемости. Применение БМР в технологических схемах водоподготовки позволит существенно сократить количество реагентов за счет удаления природных загрязнений в них, отказаться от первичного хлорирования – источника образования токсичных галогенорганических соединений, что приведёт к значительному снижению эксплуатационных затрат на очистку.

В некоторых случаях, например, при повышенном солесодержании исходной воды в технологии обработки после предочистки целесообразно

применение обратноосмотических мембран. Таким вариантом является реализованная на практике комплексная мобильно - картриджная система децентрализованного водоснабжения в Калмыкии [13, 14]: забор воды из Черноземельского канала, очистка от мутности, цветности проводятся в стационарном пункте, откуда автотранспортом перевозится на расстояние 12 км в пос. Цаган Усн, где на обратноосмотической установке (СКО -1,5/0,8 -1К.М2) снижается солесодержание с 12 до 0,5 г/л, после чего вода накапливается в РЧВ и в бьюетном режиме обеспечивает жителей Яшкульского района.

Использование мембранных технологий является весьма привлекательным для улучшения качества питьевой воды многочисленных объектов сельских поселений, а также для компактных очистных станций в период чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации URL: mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1996 (дата обращения: 25.07.2017).

2. Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. М.: Ассоциации строительных вузов, 2004. 495 с.

3. Бреус С.А., Скрыбин А.Ю., Фесенко Л.Н. Разработка технологии очистки природной воды для питьевых целей на период чрезвычайных ситуаций: производство активного хлора электролизом воды // Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3655.

4. Денисова А.В, Популиди К.К., Денисова И.А., Дикова Т.В. Гипохлорит натрия для питьевого водоснабжения на селе: проект для

региональной электростанции // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2732.

5. Алексеева Л. П. Снижение хлорорганических соединений, образующихся в процессе подготовки питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 9. С. 27-34.

6. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Хоружий О.В., Громов С.Л., Сидоров А.Р., М.: ДеЛи плюс, 2012. 429 с.

7. Бойко И.И., Одарюк В.А., Сафонов А.В. Применение мембранных технологий в очистке воды // Технологии гражданской безопасности. 2014. № 2. С. 64-69.

8. Швецов В. Н., Морозова К. М., Фесенко Л. Н., Скрыбин А. Ю., Теремязева О. В. Биосорбционно-мембранная технология для предотвращения образования хлор - и броморганических соединений в воде р. Дон // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №2. С. 7-13.

9. Смирнова И. И. Исследование процесса очистки природных вод биосорбционно-мембранным методом: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.04. М., 2009. 113 с.

10. Швецов В. Н., Морозова К. М., Фесенко Л. Н., Скрыбин А. Ю., Вергунов А. И. Хлор- и броморганические соединения в питьевой воде: методы их удаления // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. №2. С. 30-35.

11. Soe G.T. et al. Sorption characteristics of biological powdered activated carbon in BPAC-MF (Biological Powdered Activated Carbon – Microfiltration) system for refractory Organic Removal // Wat. Sci. Tech. 1997. 35(7). pp. 163-170.

12. Klimenko N. et al. Role of the physicochemical factors in the purification process of water from surface-active matter by biosorption // Water

Research. 2002. 36. pp. 5132-5140.

13. Онкаев В. А., Баринов М.Ю., Серпокрылов Н.С. Обоснование и унификация мобильно-картриджной системы водоснабжения малых населенных пунктов // Вода: технология и экология. 2008. №1-5. С. 19-29.

14. Серпокрылов Н. С., Оганесов В. Е., Онкаев В. А. Опытной – промышленная реализация концепции мобильно-картриджной системы водоснабжения // Межд. науч. практич. конф. Технология очистки воды «ТЕХНОВОД-2004». Новочеркасск: ООО НПО «ТЕМП», 2004. С. 39-42.

References

1. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2015 godu». Ministerstvo prirodnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii URL: mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1996 (data obrashcheniya: 25.07.2017).

2. Zhurba M. G., Sokolov L. I., Govorova Zh. M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy [Water supply. Design of systems and structures]. M.: Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2004. 495 p.

3. Breus S.A., Skrjabin A.Ju., Fesenko L.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3655.

4. Denisova A.V, Populidi K.K., Denisova I.A., Dikova T.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2732.

5. Alekseeva L. P. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2009. № 9. pp. 27-34.

6. Tekhnologii membrannogo razdeleniya v promyshlennoy vodopodgotovke [Technologies of membrane separation in industrial water treatment]. Panteleev A.A., Ryabchikov B.E., Khoruzhiy O.V., Gromov S.L., Sidorov A.R., M.: DeLi plyus, 2012. 429 p.

7. Boyko I.I., Odaryuk V.A., Safonov A.V. Tekhnologii grazhdanskoj



bezopasnosti. 2014. № 2. pp. 64-69.

8. Shvecov V.N., Morozova K.M., Fesenko L.N., Skrjabin A.Ju., Teremjazeva O.V. Vodosnabzhenie i san. tehnika. 2012. № 2. pp. 7-13.

9. Smirnova I. I. Issledovanie processa ochistki prirodnyh vod biosorbcionno-membrannym metodom [The study of natural water purification process biosorptional-membrane method]: dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.04. Smirnova I. I. M., 2009. 113 p.

10. Shvecov V.N., Morozova K.M., Fesenko L.N., Skrjabin A.Ju., Vergunov A.I. Vodosnabzhenie i san. tehnika. 2014. № 2. pp. 30-35.

11. Soe G.T. et al. Wat. Sci. Tech. 1997. 35(7). pp. 163-170.

12. Klimenko N. et al. Water Research. 2002. 36. pp. 5132-5140.

13. Onkaev V. A., Barinov M.Yu., Serpokrylov N.S. Voda: tekhnologiya i ekologiya. 2008. № 1-5. pp. 19-29.

14. Serpokrylov N. S., Ogenesov V. E., Onkaev V. A. Opytno – promyshlennaya realizatsiya kontseptsii mobil'no-kartridzhnoy sistemy vodosnabzheniya. Mezhd. nauch. praktich. konf. Tekhnologiya ochistki vody «TEKHNOVOD-2004». Novocherkassk: OOO NPO «TEMP», 2004. pp. 39-42.