

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕМБРАННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

© 2014

*А. С. Харитонов*, магистрант

*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

**В. А. Селезнев**, доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

**В. М. Филенков**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»,  
руководитель магистерской программы «Водоснабжение городов и промышленных предприятий»

*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

---

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются современные технологии в сфере водоочистки: мембранная фильтрация, ультрафиолетовое обеззараживание, компактные установки озонирования, используемые при разработке новых технологических схем водоочистных сооружений.

*Ключевые слова:* очистка воды, мембранная технология, водоподготовка.

*Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.* Водоочистные сооружения являются главным элементом водоснабжения. Им уделяется серьезное внимание в крупных городах и населенных пунктах, а в малых и удаленных населенных пунктах водоочистным сооружениям уделяется зачастую второстепенная роль. Многие водоочистные сооружения эксплуатируются продолжительное количество времени, выработав свой рабочий ресурс, и требуют дорогостоящей реконструкции. За прошедшие несколько десятилетий произошло значительное изменение качества воды с момента разработки проектов типовых очистных сооружений. Из-за морального устаревания технологии снижается эффективность работы очистных сооружений. Помимо увеличения концентрации загрязнений водоемов, сильное распространение получила эвтрофикация водоемов. В настоящее время в сфере водоочистки существует большое количество современных технологий: мембранная фильтрация, ультрафиолетовое обеззараживание, компактные установки озонирования и т. д. Все это может быть использовано при разработке новых технологических схем водоочистных сооружений. Проблема водоснабжения малых и удаленных населенных пунктов из поверхностных источников в большинстве регионов не решена или решена частично, поэтому поиск новых, более рациональных и целесообразных

технологий очистки воды является актуальной проблемой.

В связи с глобальным загрязнением поверхностных вод, централизованное водоснабжение все в большей степени ориентируется на подземные источники. Так, в России более 60 % городов использует для водоснабжения подземные источники. В других странах доля подземного водоснабжения еще выше [1]. Однако в условиях растущей техногенной нагрузки на окружающую среду подземные воды подвергаются зачастую более интенсивному загрязнению и истощению. Например, в Подмосковье ежедневно бурится от 50 до 200 скважин разной глубины. По разным причинам подавляющее большинство скважин эксплуатируется без соблюдения правил пользования такими источниками воды. Это приводит к быстрому локальному загрязнению подземных вод этого региона. Помимо этого, существуют территории, на которых использование подземных вод невозможно или затруднено по причине их высокого загрязнения или сложности обустройства скважин из-за местных условий. В подобных ситуациях использование вод поверхностных источников для питьевых нужд является единственно возможным.

Природные воды из поверхностных источников (рек, озер, прудов, водохранилищ и т. д.), используемые для водоснабжения населения, характеризуются наличием широкого спектра органических и неорганических загрязнителей.

лей. Это, прежде всего, естественные природные загрязнения, которые включают в себя гуминовые соединения, фульвокислоты, взвешенные вещества природного происхождения, обуславливающие высокую цветность и мутность воды. Кроме того, в поверхностных водах велико содержание и антропогенных промышленных загрязнений, включающих в себя тяжёлые металлы, нефтепродукты и прочие токсичные компоненты, поступающие в водоемы с неочищенными или с недостаточно очищенными сточными водами.

Перед непосредственным использованием такая вода проходит обязательную очистку с доведением ее показателей до норм питьевого назначения [2, 3].

Стандартная схема водоподготовки воды из поверхностного источника включает в себя механическую очистку, реагентную обработку, фильтрацию и обеззараживание. Для обеззараживания обычно применяется хлор, реже – гипохлорит натрия. В зависимости от качественного состава загрязнений в исходной воде дополнительно может производиться обработка воды с целью удаления железа, марганца, для уменьшения жесткости. Сооружения водоподготовки, как правило, имеют большие габариты, высокую цену и сроки строительства.

Вода нагнетается насосами станции первого подъёма в смеситель, в который из дозатора подаётся необходимое количество коагулянта, способствующего осаждению взвешенных в воде частиц. Обработанная коагулянтной водой самотёком поступает в осветлители, затем на песчаные фильтры, где окончательно очищается от примесей. Для удаления из фильтра осевших частиц его промывают чистой водой, подаваемой снизу-вверх. Очищенная вода скапливается в подземных резервуарах, откуда насосами станции второго подъёма перекачивается по магистральному водоводу на кустовые насосные станции водораспределительной системы водоснабжения [3].

Процессы коагуляции/флокуляции в сочетании с методами гидромеханического разделения (отстаивания и фильтрования) и обеззараживания (хлорирование, озонирование) составляли основу водоподготовки для питьевых целей многие десятилетия. При этом обработка сильными окислителями воды, содержащей остаточные количества веществ органической природы, приводит к образованию канцерогенов

(например, тригалометанов), чье присутствие в питьевой воде крайне нежелательно.

В настоящее время существует ряд технологий, который позволяют значительно упростить, а вместе с тем удешевить процесс водоподготовки воды – мембранные технологии. По мнению академика Н. А. Платэ, одним из первых среди малозатратных и технологически обоснованных процессов водоподготовки являются мембранные методы разделения жидких и газовых сред [4, 6].

Более 20 лет назад на предприятиях Минатома России ученые научились изготавливать новый тип микрофильтрационного материала, который, с точки зрения науки о фильтрах, является идеальным для очистки жидкостей и газов от микропримесей (пыль, взвеси, бактерии и т. д.).

Мембранная технология основана на пропускании воды под давлением через полупроницаемую мембрану и разделении воды на два потока: фильтрат (очищенная вода) и концентрат (концентрированный раствор примесей). Явление прохождения воды через пленку из мало-концентрированного раствора в более концентрированный раствор было открыто еще в XVIII в. Это явление получило название осмоса, а пленка, пропускающая воду, названа мембраной. Явление осмоса лежит в основе обмена веществ всех живых организмов. Благодаря ему в каждую живую клетку поступают питательные вещества и, наоборот, выводятся шлаки. Явление осмоса наблюдается, когда два соляных раствора с разными концентрациями разделены полупроницаемой мембраной. Эта мембрана пропускает молекулы и ионы определенного размера, но служит барьером для веществ с молекулами большего размера [4, 6]. Таким образом, молекулы воды способны проникать через мембрану, а молекулы растворенных в воде солей – нет.

Если по разные стороны полупроницаемой мембраны находятся солесодержащие растворы с разной концентрацией, молекулы воды будут перемещаться через мембрану из слабо концентрированного раствора в более концентрированный, вызывая в последнем повышение уровня жидкости. Из-за явления осмоса процесс проникновения воды через мембрану наблюдается даже в том случае, когда оба раствора находятся под одинаковым внешним давлением. Было установлено, что процесс этот продолжа-

ется до тех пор, пока между растворами не установится определенная разница в давлении, так называемое осмотическое давление – сила, под действием которой вода проходит через мембрану. В 60-е годы XX в. было обнаружено, что если искусственно к концентрированному раствору приложить давление, больше осмотического, то будет протекать обратный процесс: молекулы воды будут переходить из концентрированного раствора в разбавленный. Этот процесс называется «обратным осмосом». В процессе обратного осмоса вода и растворенные в ней вещества разделяются на молекулярном уровне, при этом с одной стороны мембраны накапливается практически идеально чистая вода, а все загрязнения остаются по другую ее сторону. Тогда ученые пришли к выводу, что явление обратного осмоса можно использовать для очистки воды от различных примесей, так как обратный осмос обеспечивает гораздо более высокую степень очистки, чем большинство традиционных методов фильтрации, основанных на фильтрации механических частиц и адсорбции ряда веществ с помощью активированного угля. Кроме того, метод обратного осмоса гораздо проще и дешевле в эксплуатации по сравнению с ионообменными системами. Первоначально обратный осмос применялся для опреснения морской воды [4]. Постепенно стали изго-

тавливаться мембраны с различным диаметром пор, соответственно обеспечивающие разную чистоту воды на выходе.

Мембраны можно классифицировать по размерам задерживаемых частиц на следующие типы:

- микрофильтрационные (MF),
- ультрафильтрационные (UF),
- нанофильтрационные (NF),
- обратноосмотические (RO).

При переходе от микрофильтрации к обратному осмосу размер пор мембраны уменьшается и, следовательно, уменьшается минимальный размер задерживаемых частиц. При этом, чем меньше размер пор мембраны, тем большее сопротивление она оказывает потоку и тем большее давление требуется для процесса фильтрации. В водоподготовке воды для питьевых нужд наибольшее распространение получили ультрафильтрационные мембраны, с размером пор от 0,01 до 0,1 мкм [6]. Они удаляют крупные органические молекулы (молекулярный вес больше 10 000), коллоидные частицы, бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли, сохраняя естественный солевой баланс воды. Типовая схема подготовки воды из поверхностного источника с использованием ультрафильтрационных мембран представлена на рисунке

1

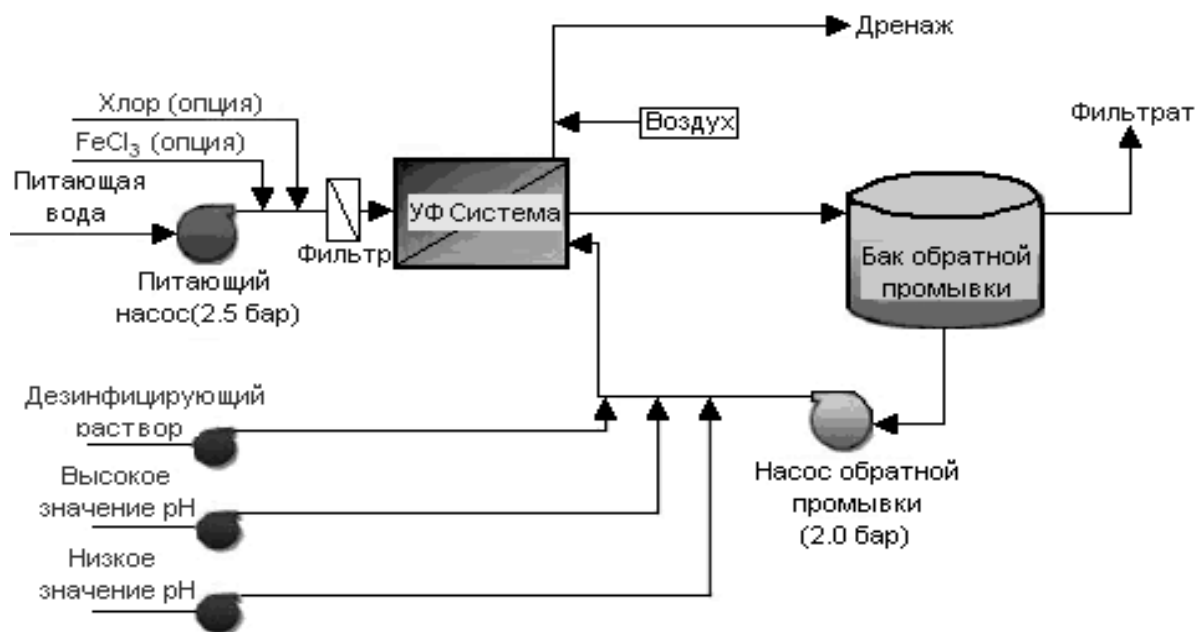


Рисунок 1 – Типовая схема подготовки воды из поверхностного источника с использованием ультрафильтрационных мембран

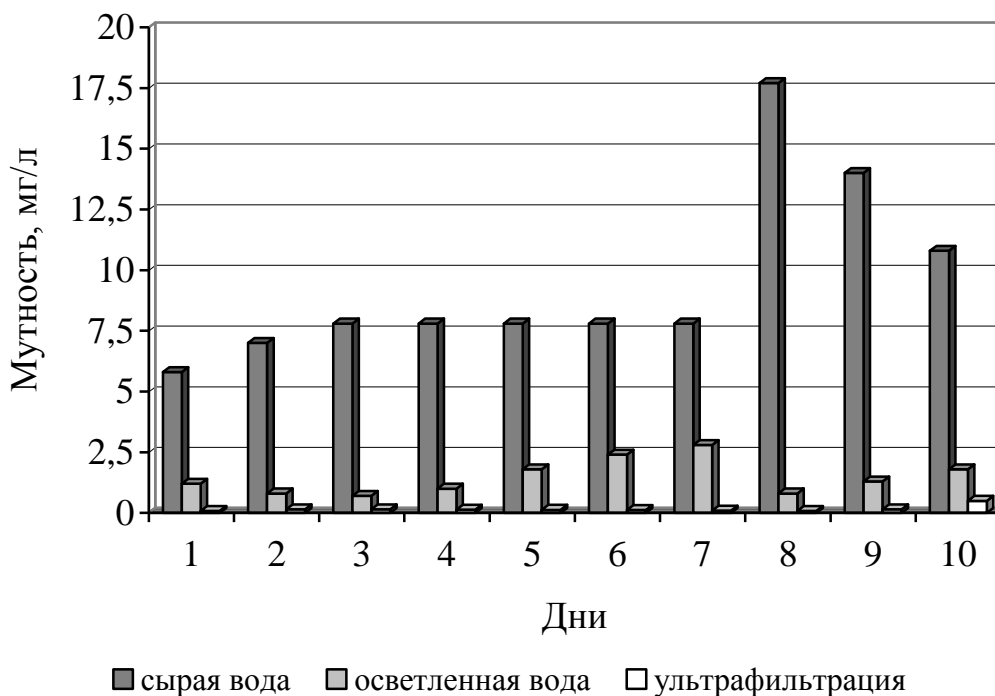


Рисунок 2 – График изменения показателей мутности воды после коагуляции в осветлителе и ультрафильтрации

Как видно из графика (рисунок 2), технология ультрафильтрации имеет значительное преимущество перед классической технологией водоподготовки. Качество очищенной воды практически не зависит от степени загрязнения исходной воды из источника. К тому же система имеет высокий КПД (не менее 92 %) и низкое энергопотребление (около 0,19 кВт\*ч/м<sup>3</sup>) [5].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что в ближайшие десятилетия мембранные технологии будут постепенно заменять технологии очистки воды для водоподготовки. Уже в настоящее время мембраны применяются на сооружениях водоподготовки и очистки канализационных стоков по всему миру. Отдельно стоит отметить Сингапур, в котором построен завод по очистке сточных вод NeWater. На данном заводе производится очистка стоков с целью доведения их качественного показателя до норм питьевой воды с использованием технологии обратного осмоса. Работа завода позволяет

обеспечить потребность острова в воде. Использование мембранных технологий позволит сократить себестоимость очистки воды за счет уменьшения размеров очистных сооружений, снижения потребляемой электроэнергии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков Ю. В., Сайфутдинов М. М. Вода и жизнь на Земле. М. : Наука. 1981. 184 с.
2. Лутай Г. Ф. Химический состав воды и здоровье населения. Гигиена и санитария. 1992. № 1.
3. Бондарев В. П. Геология. Курс лекций: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. М. : Форум: Инфра-М. 2002. 224 с.
4. Брок Т. Мембранная фильтрация. М. : Мир. 1987. 464 с., ил.
5. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М. : Химия, 1978. 352 с., ил.
6. Мулдер. Введение в мембранную технологию. М. : Мир. 1999. 514 с., ил.

**APPLICATION OF TECHNOLOGY TO MEMBRANE TREATMENT  
OF WATER AS AN ALTERNATIVE TO CLASSIC WATER TREATMENT TECHNOLOGIES**

© 2014

*A. S. Kharitonov*, master

*Togliatti state University, Togliatti (Russia)*

**V. A. Seleznev**, doctor of technical sciences, professor of the chair

«Heat, ventilation, water supply and sanitation»

*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

**V. M. Filenkov**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair

«Heat, ventilation, water supply and sanitation»

*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

---

*Annotation.* This article discusses the latest technologies in the field of water treatment, membrane filtration, ultraviolet disinfection, ozonation compact plants that are used in the development of new technological schemes of water treatment facilities.

*Keywords:* water treatment, membrane technology, water treatment.