

УДК 67.628.351

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАТНОГО ОСМОСА

THE EFFICIENCY OF REVERSE OSMOSIS

С.Л. ЗАХАРОВ
S.L. ZAKHAROV

(Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева)
(D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia)
E-mail: staszaharov@yandex.ru

Данная работа направлена на улучшение использования обратного осмоса в процессе водоподготовки.

The article highlights the problems of the usage improvement reverse osmosis in water treatment.

Ключевые слова: очистка сточных вод, обратный осмос.

Keywords: sewage treatment, , reverse osmosis.

Известно, что поверхностные и другие воды, которые имеют относительно невысокое солесодержание (до 1000 мг/л), вполне пригодны для задач понижения солесодержания мембранными методами. Органические же вещества и взвешенные частицы присутствуют в поверхностных водах в значительном количестве и необходимо их предварительное извлечение (предочистка). Вместе с тем подземные воды вблизи морей (солончатые воды) характеризуются высоким солесодержанием (до 10000 мг/л). Снижение солесодержания солончатых вод, к примеру, вод для жителей Крымского полуострова, не под силу традиционным муниципальным методам очистки. Удаление солей на ионообменных установках не только экономически неэффективно, но и сопряжено с

большими проблемами захоронения отработавших ионообменных смол. Поэтому муниципальные водоочистительные станции, к примеру, станции Крыма, не могут использовать в качестве источников солончатые воды без серьезных капиталовложений.

В последние годы широкое применение находят мембранные технологии очистки воды для получения питьевой воды из поверхностных вод, солончатых вод и даже из морской воды. Практически безреагентные мембранные методы позволяют очищать сточные муниципальные воды с целью получения воды, пригодной для использования в промышленных целях, а при обработке промышленных сточных вод получать воду, пригодную для повторного использования.

Компактность оборудования, простота наращивания мощностей, надежная барьерная фильтрация, достаточно низкое энергопотребление, минимальное использование химикатов, возможность полной автоматизации процессов обработки и контроля качества воды, бурно развивающаяся технология производства новых мембран, повышенный интерес научного сообщества к новому процессу способствуют интенсификации процесса применения мембранных методов. Если в начале века затраты на 1 м^3 обработанной воды мембранными методами были в несколько раз больше по сравнению с традиционными методами, то в настоящее время затраты не только сравнялись, но и стали меньше. Так, затраты фирмы "ZENON" по применению ультрафильтрационных мембран достигли уровня традиционных затрат в нулевые годы и в настоящее время снизились в процентном выражении со 100% до 10% [1]. Данных по отечественным затратам не обнаружено.

Результаты многолетних исследований [1], [2] показали, что если микрофильтрация (МФ) микропористыми с симметричной структурой пор мембранами с размерами пор в $0,1\text{...}1\text{ мкм}$ применяется при осветлении, то ультрафильтрационные мембраны (УФ) с микропористой асимметричной структурой пор в $0,001\text{...}0,1\text{ мкм}$ применяются не только при осветлении, но и удалении макромолекул (рис. 1 – разработанный жесткопористый мембранный элемент (с выставки ЭКСПОЦЕНТР на Красной Пресне)).



Рис. 1

Соответственно, если нанофильтрация (НФ) с асимметричной, композитной с однородным слоем мембраной с размерами пор $0,0001\text{...}0,001\text{ мкм}$ применяется для удаления молекул и некоторых крупно-размерных ионов солей, то обратный осмос (ОО) с асимметричной, композитной с однородным слоем мембраной $<0,0001\text{ мкм}$ применяется для удаления ионов солей.

Если процессы УФ и МФ проходят при относительно небольших избыточных давлениях в несколько десятых единиц МПа, то обратноосмотические (ОО) процессы проходят при давлениях до 27,0 и более МПа. Если МФ еще может использоваться для удаления рожденных в воде патогенных микроорганизмов, таких как *Cryptosporidium Parvum* и *Giardia Lamblia*, то удаление из воды бактерий малого размера и вирусов МФ не представляется возможным.

УФ не является абсолютным барьером для некоторых разновидностей вирусов и органических фульво- и гуминовых кислот. Для обеспечения растворенного железа необходимо производить предварительное окисление и коагулирование входной воды.

Нанофильтрация (НФ) подобна ОО фильтрации, но имеет более низкий уровень селективности (20...85%). В результате НФ вода освобождается не полностью от солей кальция и магния, цветности, бактерий и вирусов.

Вместе с тем ОО – это процесс удаления из воды низкомолекулярных примесей, например неорганических солей и небольших органических молекул, что не свойственно процессам МФ и УФ. В связи с тем что давление исходного раствора в процессах ОО значительно больше, чем в процессах МФ и УФ, характеристики разделения ОО-мембран зависят в значительной степени от времени их работы и температуры исходного раствора, от концентрации растворенного вещества и его природы, рН исходного раствора и его давления. Исследования показали [2], что к влиянию внешних факторов присовокупляются влияния внутренних факторов, обусловленные изменением структуры

широко применяемых в настоящее время полимерных мембран. В результате исследований выявлено, что наиболее широко применяемые полимерные обратноосмотические мембраны подвержены усадке. При этом их характеристики разделения постоянно меняются. Аналогичным образом подвержены усадке и нанофильтрационные мембраны, к тому же их селективность (отношение разности концентраций исходного раствора и пермеата (фильтрата) к концентрации исходного раствора в долях единицы или в процентах), меньше селективности обратноосмотических мембран. Пористая структура УФ, МФ и НФ мембран более рыхлая, потому и подвержена усадке в большей степени, чем пористая структура ОО мембран. При совсем низкой селективности НФ мембран (до 20%) вполне возможен "проскок" болезнетворных бактерий и вирусов, которые ни при каких обстоятельствах не могут "проскочить" через ОО фильтры. Для повышения селективности НФ фильтров предлагается предварительная подготовка поверхностных вод [1].

При малых значениях τ (до 2 часов для предочистки и до 9600 часов для обратного осмоса) издержки, связанные с производством единицы объема очищенной среды, увеличивались по причине остановки производственного цикла вследствие регенерации. При больших значениях τ (более 2 часов для предочистки и свыше 10000 часов для обратного осмоса) издержки возрастали вследствие продолжительного времени работы аппаратов в малопродуктивном режиме по причине загрязнения мембран.

Выявлено, что для стадии предочистки каждому режиму рабочего давления от 0,3 до 0,5 МПа соответствовало свое оптимальное значение продолжительности режима "работа" τ от 1,5 до 2 часов.

Следует заметить, что импортируемые мембранные аппараты из элементов на основе полимеров поставляются только комплексно. Аппараты, разработанные на основе жесткопористого титана, нержавеющей стали, медно-никелевых полупроницаемых перегородок, керамики, пористых стекол и других пористых материалов, могут составить серьезную конкуренцию дорогостоящей зарубежной аппаратуре. Разработанный нами аппарат использовался не только для целей предочистки, что имеет место в настоящее время, но и для целей глубокой очистки. И что не менее значимо – для целей замены полимерных мембранных элементов, характеристики которых меняются во времени, на вновь разработанные жестко пористые элементы со стабильными рабочими характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров С.Л. Эффективность процесса предочистки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4. С.175...177.
2. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. – М.: Химия, 1986.
3. Захаров С.Л. Исследование процесса обратного осмоса на мембранах из микропористого стекла. – М., 2004.

Рекомендована кафедрой стандартизации и инженерно-компьютерной графики. Поступила 02.07.14.