



## Сравнение технологии обессоливания методами электродиализа и обратного осмоса

Д.О. Соловьев\*, Е.В. Драбкина

<sup>1</sup>Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)) — федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Российской Федерации, ул. Часовая, 22/2, Москва, 125190, Россия

\*E-mail: [solovei507@gmail.com](mailto:solovei507@gmail.com)

**Аннотация:** Основная проблема современного мира заключается в сложности получения качественной воды, необходимой для удовлетворения потребности и улучшения качества жизни людей. Многие территории нашей страны имеют большие запасы подпочвенных вод с огромной минерализацией стоков, которые не используются в водоснабжении, из-за имеющегося в составе воды большого содержания различных примесей и солей. Чтобы применять эту воду в артезианском водоснабжении, из нее необходимо удалить соли. Среди множества способов обессоливания стоков, сравниваем между собой два метода – это электродиализ и обратный осмос, конкурирующие за возможность преобладать на современном рынке энергоресурсов. Самыми важными критериями сравнения эффективности способов обессоливания воды, являются: предварительная подготовка жидкости; как часто при работе оборудования выходят из строя мембраны; энергетическая экономия процессов, снижение текущих и капитальных расходов на фильтрацию воды. Электродиализ – это химический процесс, при котором под воздействием электрического тока изменяется число электролитов в жидкости, чаще этот метод используется при нормальном атмосферном давлении на промышленных производствах. Обратный осмос – способ обессоливания жидкости для получения очищенной воды для народного хозяйства.

**Ключевые слова:** Обратный осмос, электродиализ, мембрана, вода, установка, метод.

## Comparison of water desalination technology by electro dialysis and reverse osmosis

D.O. Solovyov\*, E.V. Drabkina

The Russian University of Transport (RUT (MIIT)) – Federal the Autonomous Educational Institution higher education Russian Federation, ctr. Chasovaya, 22/2, Moscow, 125190, Russia.

\*E-mail: [solovei507@gmail.com](mailto:solovei507@gmail.com)

**Abstract:** The main problem of the modern world is the difficulty of obtaining high-quality water necessary to meet the needs and improve the quality of life of people. Many territories of our country have large reserves of groundwater with a huge mineralization of effluents that are not used in water supply, due to the large content of various impurities and salts in the water. To use this water in artesian water supply, it is necessary to remove salts from it. Among the many methods of desalination of wastewater, we compare two methods – electro dialysis and reverse osmosis, competing for the opportunity to prevail in the modern energy market. The most important criteria for comparing the effectiveness of water desalination methods are: preliminary preparation of the liquid; how often the membranes fail during operation of the equipment; energy savings of processes, reduction of current and capital costs for water filtration. Electro dialysis is a chemical process in which the number of electrolytes in a liquid changes under the influence of an electric current, more often this method is used at normal atmospheric pressure in industrial plants. Reverse osmosis is a method of desalting liquid to obtain purified water for the national economy.

**Keywords:** Reverse osmosis, electro dialysis, membrane, water, installation, method.

## 1. Введение

Огромной проблемой современного мира является сложность получения качественной воды, необходимой для жизни людей. Многие территории нашей страны имеют большие запасы подпочвенных вод с огромной минерализацией стоков, которые не используются в водоснабжении, из-за имеющегося в составе воды большого содержания различных примесей и солей. Чтобы применять эту воду в артезианском водоснабжении, из нее необходимо удалить соли. Технические условия к качеству и количеству очистки используемой воды возрастают с каждым годом. Современные отрасли промышленности невозможны без использования во все возрастающих количествах глубоко очищенной воды. При использовании той или иной технологии минерализации, перед проектировщиками возникает вопрос, как выбрать наиболее благоприятный метод для создания экономически выгодных, экологически безопасных способов в изготовлении оборудования для очищения воды [1].

Среди множества способов обессоливания стоков, сравниваем между собой два метода – это электродиализ и обратный осмос, конкурирующие за возможность преобладать на современном рынке энергоресурсов.

## 2. Сравнение технологии обессоливания и опреснения воды

Самыми важными критериями сравнения эффективности способов обессоливания воды, являются: предварительная подготовка жидкости; как часто при работе оборудования выходят из строя мембраны; энергетическая экономия процессов.

Электродиализ применяется для опреснения морской воды с целью извлечения из нее поваренной соли и других химических продуктов. В электродиализной установке практикуются ионнообменные мембраны, работающие как электролитные проводники, используются многокамерные устройства, в которых имеются пара электродов, посередине размещены мембраны анионовые и катионовые, между которыми положительно заряженные и отрицательно заряженные частицы под влиянием электрического заряда начинают направленно двигаться и перемещаются к электродам, где собираются концентрированные растворы кислот и щелочей, а промеж мембран обессоленная вода, т. е. происходит опреснение водных растворов [2].

Процесс поступления солей на электродиализ периодически повторяется и в связи с этим, значительно понижаются потери энергии на электродах, минимальный расход жидкости. Благодаря этой установке, удаляется высокое содержание примесей в воде, приводящее к засорению трубопроводов солями жесткости, тем самым продлевая срок службы используемого оборудования.

Ионообменная мембрана кроме механической крепости, химической прочности и постоянства размеров, должна иметь хорошую электропроводность, высокую модульность, небольшую скорость обратного распределения и не высокую осмотическую проницаемость в рабочем режиме составов и насыщенности растворов. На электродиализной установке (рисунок 1, 2) не используются реагенты, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на экологию.



Рисунок 1. Установка электродиализа.

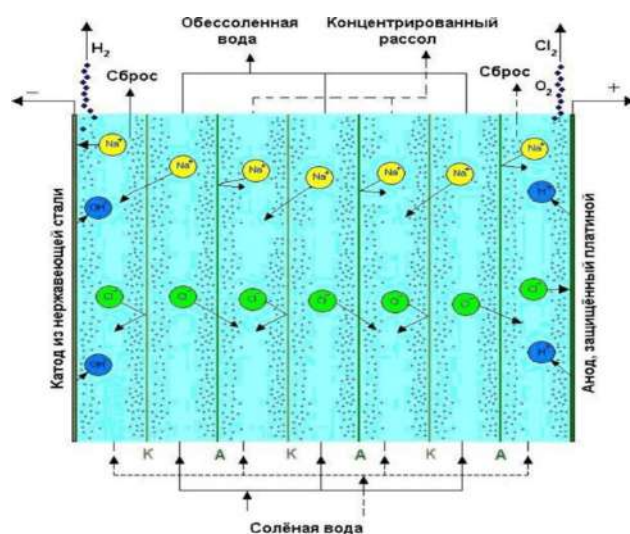


Рисунок 2. Установка электродиализа.

Обратный осмос (рисунок 3) - технология очистки жидкости, в результате которого, океанская вода следует через полупроницаемую мембрану под воздействием давления, значительно превышающим разность осмотических давлений пресной и соленой воды 20-50 атм. из одной части емкости, в ней находится высококонцентрированный раствор, в менее крепкий раствор, а именно, в противоположной для осмоса направленности. Принцип работы обратного осмоса заключается в создании благоприятных условий, при которых полупроницаемая мембрана будет удерживать загрязняющие примеси и пропускать молекулы чистой воды. Мембрана задерживает на поверхности до 98% солей, всевозможных примесей, загрязнителей [3].

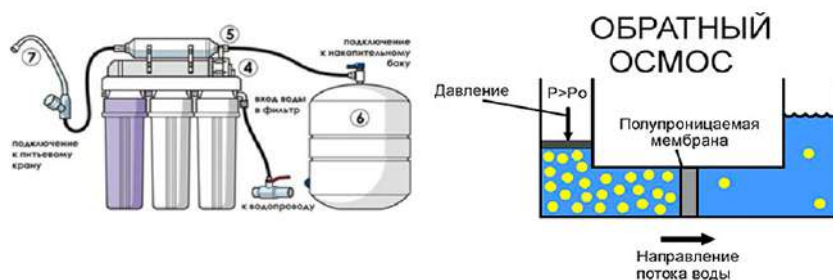


Рисунок 3. Обратный осмос.

Давление исходной воды для обессоливания зависит от степени солености стоков (рисунок 4).

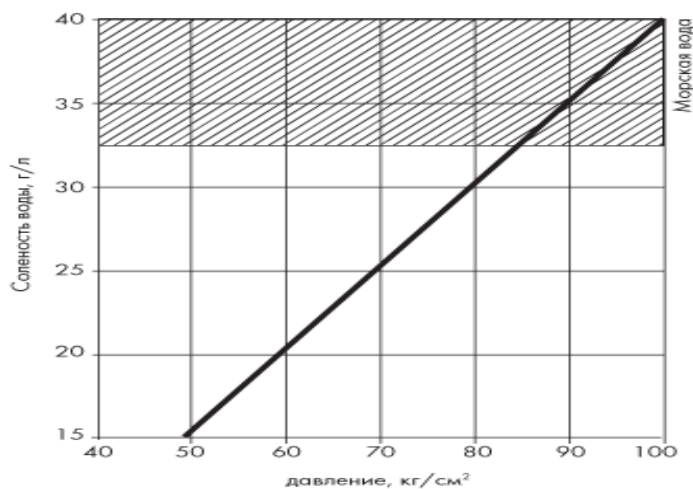


Рисунок 4. Зависимость рабочего давления от солености воды.

В результате повышенной скорости потока, эффективность водоопреснения увеличивается с повышением температуры жидкости, но в тоже время, производительность рабочих мембран ограничена параметрами количества соли в воде.

В обратном осмосе используются два типа мембран: с перфорацией и в форме спирали, продолжительность применения которых ориентируется характерными параметрами очищаемой воды, а также применяемыми фильтрующими методами.

К достоинствам этого метода принадлежит интенсивная обработка воды от различных загрязняющих веществ, хорошая степень очистки, очищение воды до 98% от соли, вода обезжелезивается и умягчается, используется как чистая вода.

Имеющимся некоторым недостатком, расценивается повышенное требование к подготовке очищаемой жидкости перед мембранами. На производственных предприятиях затрачивается много ресурсов для очистки стоков от механических частиц с помощью фильтрующих установок, которые энергозатратны. Главной частью обратного осмоса считаются микрофильтры – картриджи, задерживающие загрязнения и защищающие пленки (мембраны) от низкого качества предварительной подготовки воды. Полупроницаемые мембраны не принимают хлор, не избавляют воду от газов. В канализационную систему сбрасывается до 70% от всего количества воды, которая может применяться для повседневных бытовых нужд.

### **3. Отличия систем электродиализа и обратного осмоса**

Электродиализ – это химический процесс, при котором под воздействием электрического тока изменяется число электролитов в жидкости, чаще этот метод используется при нормальном атмосферном давлении на промышленных производствах [4].

Обратный осмос - способ рассоления жидкости для получения очищенной воды для народного хозяйства.

Мембраны обладают повышенной чувствительностью, они засоряются нерастворенными веществами, находящимися в жидкости, теряя свою результативность. Соли кальциевой жесткости оказывают наибольшее отрицательное воздействие на установки электродиализа и обратного осмоса, и основная нагрузка приходится, из-за выпадающего осадка солей, именно на рабочие мембраны устройств. Во избежание их

закупоривания, воду прогоняют через фильтрующее оборудование, т.е. проводят предварительную подготовку жидкости, при которой удаляются крупнофракционные частицы, приводящие к разрушению поверхности мембран [5].

Органические примеси удаляются из стоков при помощи угольных фильтров. Малосоленые воды умягчают или обрабатывают реагентами. Этот процесс очистки повышает энергозатраты.

В обратноосмотических устройствах водный поток проходит под определенным давлением сквозь мембрану (рисунок 5). Схемы первоначальной обработки воды проходят несколько стадий очистки и составляют до половины процентной энергозатратности установки.

Сравнение этапов подготовки воды методом электродиализа и обратного осмоса представлен в таблице 1.

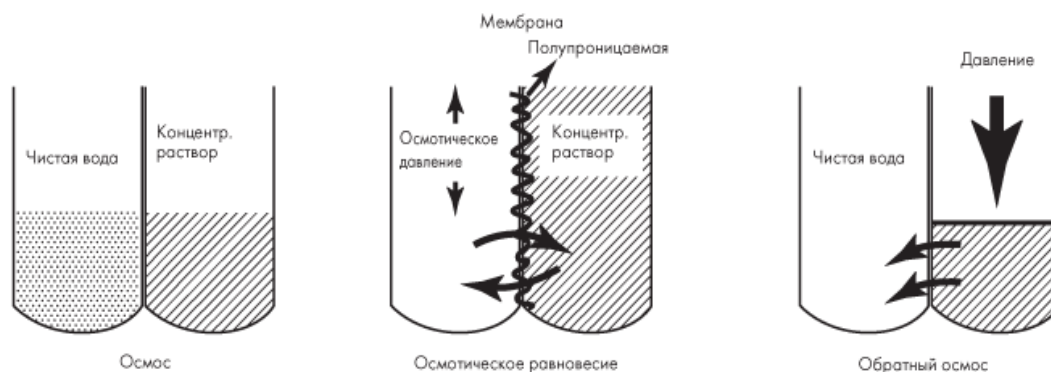


Рисунок 5. Обратноосмотические устройства.

Таблица 1. Сравнение этапов подготовки воды.

Этапы	Электродиализ	Обратный осмос
1	Фильтр грубой механической очистки	Фильтр грубой механической очистки
2	Не используется	Картридж тонкой очистки
3	Не используется	Очищение коагулятором
4	Не используется	Фильтрование
5	Не используется	Очищение газообразным хлором
6	Не используется	Углеродное устройство картридж



#### 4. Срок службы мембран электродиализной системы и обратного осмоса

Химический состав очищаемой жидкости в электродиализной системе и системе обратного осмоса (рисунок 6), ее температура, а также предварительная механическая очистка, доставляют существенное влияние на срок службы мембран (рисунок 7).

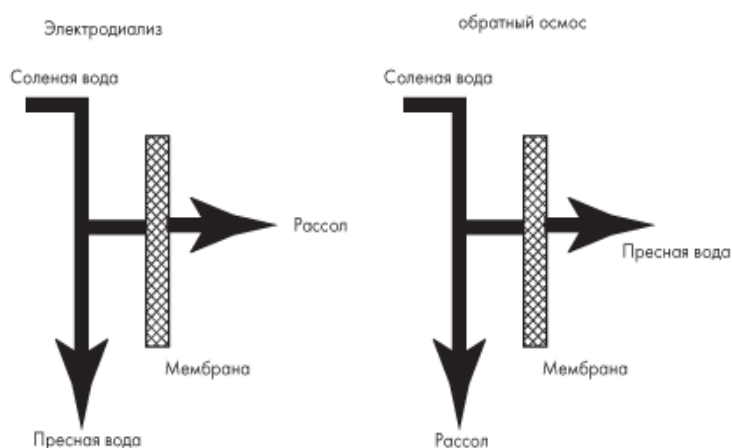


Рисунок 6. Электродиализная система и система обратного осмоса.

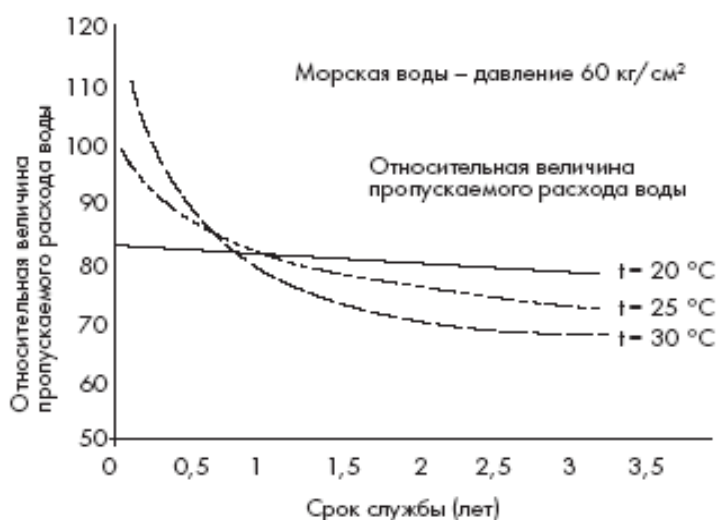


Рисунок 7. Срок службы и стоимость м<sup>3</sup> опресненной воды.

#### 5. Замена мембран в электродиализных установках

Мембранные устройства для электродиализных установок очень устойчивые и прочные, они способны в процессе эксплуатации высыхать и быстро восстанавливаться кислотами.

Период эксплуатации мембран из синтетического материала составляет около 5 лет, а перфторированных – до 10-12 лет.

## 6. Замена мембран в установках обратного осмоса

В обратном осмосе в большинстве случаев, срок использования мембран составляет от полгода до года.

Спиральные мембраны или мембраны с перфорацией в процессе обратного осмоса имеют слишком хрупкую поверхность, они способны высыхать при работе и не подлежат восстановлению, очень маленький срок эксплуатации, замена происходит после нескольких месяцев использования.

## 7. Энергоэффективность процессов

Расход электропотребления в электродиализной установке меняется в диапазоне 1,5-2,5 кВт/ч/м<sup>3</sup>. Чтобы выделить из воды 1 кг соли затрачивается до 2 кВт/ч электроэнергии.

Для опреснения морской воды методом обратного осмоса требуется около 10 кВт/ч электроэнергии.

При обессоливании воды с содержанием солей свыше 12 г/дм<sup>3</sup> в электродиализных аппаратах преимущество имеют установки обратного осмоса.

## 8. Выводы

При удалении солености из воды, используемой для водохозяйственных нужд, энергетические затраты на аппараты и приспособления обратного осмоса ниже, чем на электродиализные установки. Несмотря на это, приоритет отдается методу электродиализа, так как затрачиваются большие капиталовложения для высокой предварительной подготовки воды, большой расход питающей воды и количества сбрасываемых вод, хрупкие мембраны фильтров в обратном осмосе.

Продвижение электродиализных установок, позволяет существенно снизить текущие и капитальные расходы на фильтрацию воды, достичь экономии за счет отсутствия использования затрат на реагенты, дальнейшую нейтрализацию, снижение средств на производственное обслуживание.



### Список литературы

1. Опреснение и повторное использование воды // Химия и технология воды, 1991. – Т.13. – № 10 –956 с.
2. Пилата, Б.В. Основы электродиализа / Б.В. Пилата. – Москва, Авваллон, 2004. – Гл. 15.
3. Elyanov, D. Advances in Nitrate Removal / D. Elyanov, J. Persechino // 3rd annual conference of the Israel Desalination Society. – Tel-Aviv, Israel. – 2000.
4. Жилинский, В.В., Слесаренко, О.А. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовки, Минск 2014.
5. Петров, А.Г. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация, Москва 2009.