

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ

*Конева С.А., Матвеев Ю.В., Цалоев В.М.*

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия*

**Ключевые слова:** опреснение, морская вода, соленость, электродиализ, дистиллят, осмос.

**Аннотация.** Водоснабжение населения, проживающего в прибрежных зонах морей и океанов, в ряде случаев является ограниченным, ввиду отсутствия или недостаточного количества питьевой воды. Альтернативным решением по обеспечению питьевого водой населения является опреснение морской воды. В статье рассматриваются способы опреснения морской воды, а также делается сравнительная оценка их по эффективности.

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ENERGY EFFICIENCY OF SEAWATER DESALINATION METHODS

*Koneva S.A., Matveev Yu.V., Tsaloev V.M.*

*Sevastopol state University, Sevastopol, Russia*

**Keywords:** desalination, sea water, salinity, electro dialysis, distillate, osmosis.

**Abstract.** Water supply of the population living in coastal areas of the seas and oceans, in some cases is limited, due to the absence or insufficient amount of drinking water. An alternative solution to ensure drinking water of the population is the desalination of sea water. The article discusses methods for the desalination of sea water, and a comparative assessment of them is made in efficiency.

Главным фактором, обеспечивающим проживание людей на определенной территории, является наличие источников питьевой воды. Однако, при нынешних, растущих темпах ее потребления, запасов такой воды становится все меньше. Кроме того, большая часть запасов воды на планете, является непригодной для использования, потому что является морской. В ряде стран, окруженных морями и солеными озерами, такая ситуация с водой является достаточно обостренной и требующей ее грамотного решения. Единственной альтернативой в решении такого вопроса, является получение пресной воды за счет процессов опреснения морской воды с дальнейшей минерализацией.

Способы опреснения морской воды можно разделить на две основные группы:

- опреснение без изменения агрегатного состояния жидкости (воды);
- опреснение, связанное с промежуточным переходом жидкого агрегатного состояния в твердое или газообразное (паровое).

Опреснение способами **первой группы** включает в себя такие виды, как химическое, электрохимическое, ультрафильтрация.

При **химическом способе** опреснения в воду вводят вещества, называемые реагентами, которые, взаимодействуя с находящимися в ней ионами солей, образуют нерастворимые, выпадающие в осадок вещества.

В качестве реагентов могут использоваться ионы серебра и соли бария, расход которых в ходе химической реакции составляет примерно 3...5% количества опресненной воды, что весьма значительно. Кроме того, соли являются ядовитыми, поэтому такое опреснение используется редко.

При **электрохимическом опреснении (электродиализе)** применяют специальные ванны, в которых для фильтрации морской воды, размещены электрохимические активные селективные мембраны. Схема электродиализатора с катионообменными (К) и анионообменными (А) мембранами изображена на рисунке 1.

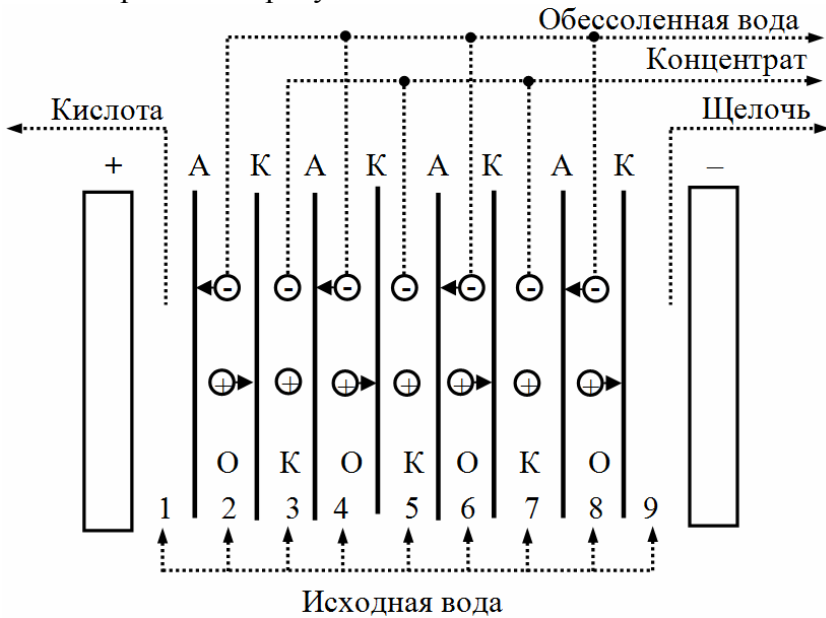


Рис. 1. Схема электродиализатора

Принцип электродиализа состоит в перемещении между электродами анионов и катионов растворенных солей через мембраны, проницаемые только для анионов или катионов. Отделение солей осуществляется за счет действия электрического поля. Под действием постоянного напряжения ионы солей, растворенных в воде, устремляются к электродам. Исходная вода, имеющая повышенное солесодержание, поступает во все камеры аппарата. Причем, из четных камер под действием электрического поля катионы и анионы солей мигрируют соответственно через катионо- и анионообменные мембраны в нечетные камеры. Миграции катионов из нечетных камер в четные препятствуют анионитовые, а миграции анионов – катионитовые мембраны. Таким образом, в четных камерах происходит деминерализация раствора, а в нечетных – его концентрирование [1]. В результате исходный раствор разделяется на два потока – обессоленный и концентрированный.

Количество пар мембран между анодом и катодом должно быть достаточным, чтобы процесс опреснения морской воды был с одной стороны более эффективным, а с другой – менее затратным по электроэнергии. Работы по электродиализному опреснению воды с использованием энергии ветра проводились, еще в 70-е годы в СССР на Каспии под руководством д.т.н., проф. К.М. Салдадзе [1]. В макете такой установки использовалась ветроэлектрическая установка (ВЭУ) и 85-камерная установка электродиализного типа. Результаты эксперимента показали, что в диапазоне скоростей ветра от 6 до 8,5 м/с средняя производительность установки составляла 0,66 м<sup>3</sup>/ч пресной воды. При исходном солесодержании опресняемой воды – 5 г/л, концентрация солей в опресненной воде уже была 0,85 г/л. Колебания потребляемой опреснителем мощности составляли в пределах от 1,7 до 6 кВт. Недостатком установок с электродиализмом является опреснение морской воды при ее солёности, не превышающей 2,5...2,7 г/л.

Таким образом, проведенные эксперименты с ВЭУ и электродиализной камерой, показали, что применимость такой установки представляет в будущем дальнейший интерес [1, 2].

Одним из самых современных способов опреснения морской воды является **ультрафильтрация** или **“Обратный осмос”**. Его сущность состоит в том, что морская вода под давлением 60...80 атмосфер продавливается насосами через специальные фильтрующие мембраны. В результате солевой раствор оказывается под давлением со стороны мембраны, проницаемой для воды и непроницаемой для соли [2]. Пресная вода проникает через мембрану в направлении, **обратном осмотическому** (когда пресная вода вследствие осмотического давления проникает через мембрану в солевой раствор). Эффективность опреснения в таких установках определяется площадью фильтрующей поверхности с фильтрующими мембранами. Для снижения себестоимости опресненной воды и энергозатрат применяют рекуперацию части, израсходованной насосами энергии или применяют регенерационные насосы (турбины), предназначенные для использования остаточного высокого давления, образующегося на выходе из установки. Это позволило сократить затраты электроэнергии на опреснение в среднем на 23...25% при требующихся ее расходах от 4 до 8,5 кВт·ч/м<sup>3</sup> опресненной воды [3]. Типовая производительность такой системы, при этом, составляла порядка 4000...7000м<sup>3</sup> пресной воды в день. В последнее время в странах Ближнего и Среднего Востока опреснение морской воды является одним из стратегических направлений в их развитии. Например, мощность опреснительной установки обратного осмоса, запущенной в Израиле в еще в 2005 г., составила уже 100 мил. куб. метров в год.

К способам опреснения **второй группы**, относятся **вымораживание** и **дистилляция**. Опреснение **вымораживанием** основано на том, что в естественных природных условиях лед, образующийся в океанах и морях, является пресным. При растаивании игольчатого льда образуется пресная

вода с содержанием солей 500...1000 мг/л. Это способ, среди других, является наиболее простым и экономичным.

**Дистилляция** – наиболее распространенный способ получения пресной воды из морской воды. Сущность дистилляции заключается в том, что морскую воду нагревают до кипения и выходящий пар собирают и конденсируют. В результате образуется пресная вода, называемая **дистиллятом**.

**Выводы.** Существующие способы получения пресной воды из морской являются достаточно энергоемкими и затратными. На сегодняшний день наиболее эффективными при опреснении морской воды следует считать способы дистилляции и обратного осмоса.

### Список литературы

1. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.
2. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. – М.: Химия, 1978. – 352с.
3. Слесаренко В.Н. Опреснение морской воды. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.

### References

1. Kharitonov V.P. Autonomous wind electrical installations. – М.: GNU WESX, 2006. – 280 p.
2. Dellena Yu.I. Reverse osmosis and ultrafiltration. – М.: Chemistry, 1978. – 352p.
3. Slearmenko V.N. The desalination of sea water. – М.: Energoatomizdat, 1991. – 278 p.

<b>Конева Светлана Андреевна</b> – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой “Судовое электрооборудование”	<b>Koneva Svetlana Andreevna</b> – candidate of technical sciences, assistant professor, head of Department “Ship electrical equipment”
<b>Матвеев Юрий Валентинович</b> – кандидат технических наук, доцент	<b>Matveev Yuri Valentinovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor
<b>Цалоев Владимир Муратович</b> – доцент	<b>Tsaloev Vladimir Muratovich</b> – associate professor
yuriy-radio@mail.ru	

Received 22.01.2022