

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ ДЕИОНИЗИРОВАННОЙ ВОДЫ

Володин Д.Н.<sup>1</sup>  
канд. техн. наук,  
директор

Топалов В.К.<sup>1</sup>  
руководитель  
службы продаж

Магомедова Н.В.<sup>1</sup>  
начальник отдела  
водоподготовки

Воропаев А.Н.<sup>1</sup>  
менеджер отдела  
водоподготовки

Нейдлы Л.<sup>2</sup>  
директор дивизии  
мембранных процессов

1 - ООО «МЕГА ПрофиЛайн»  
2 - АО «МЕГА», Чешская Республика

В данной статье освещается применение электромембранных технологий на этапе получения деионизированной воды, как наиболее актуального и современного метода. Кратко описаны принципы процесса электродеионизации, его преимущества.

**Ключевые слова:** электродеионизация, электромембранные технологии, деионизированная вода, глубоко обессоленная вода.

Современная техника и технологии (микроэлектроника, оптика, производство искусственных кристаллов, химия и т.д.), реконструкция и модернизация производств, а также ужесточение требований по сбросам требуют применения новых, более прогрессивных и экономически выгодных методов подготовки деионизированной воды.

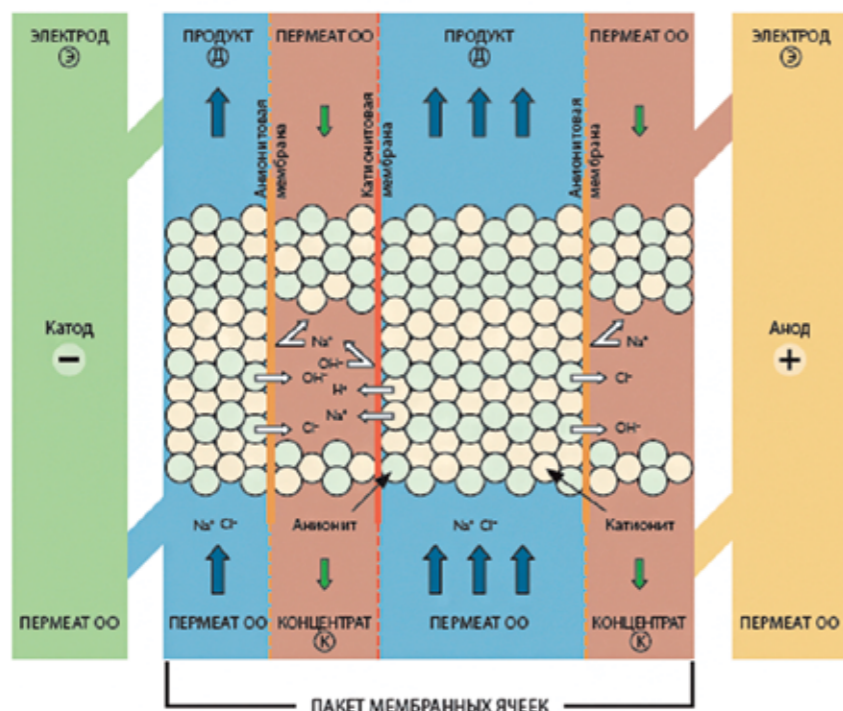


Рисунок 1  
Принцип работы ЭДИ модуля.

Технологии конца XIX и начала XX века основывались на подготовке воды известным методом дистилляции несмотря на его высокие энергозатраты и низкий уровень деионизации. Лишь к середине XX века появилась альтернатива в крупнотоннажном производстве ультрачистой воды посредством использования синтетических ионообменных смол, а применение смешанного слоя ионита позволило получать продукт с качеством, приближенным к теоретическому пределу 18,3 МОм·см при более низкой себестоимости по сравнению с дистилляцией.

К концу XX началу XXI века технология ионного обмена была отработана в промышленных условиях и полностью внедрена практически во все технологические процессы получения глубоко обессоленной воды. Это позволило на настоящий момент выявить ряд основных недостатков этого способа, не удовлетворяющих современным технологическим, экономическим и экологическим требованиям.

Одним из указанных недостатков является потребность в регулярной регенерации ионитов, а также использование с этой целью концентрированных кислот и щелочей. К примеру, непрерывное производство 20 м<sup>3</sup>/ч с удельным сопротивлением воды 18 МОм·см при значении общей концентрации растворенных веществ исходной воды 250 мг/л ежедневно потребляет от 2 до 3 тонн HCl и NaOH [1].

Многие специалисты видят современное производство деионизированной воды в стабильном процессе электродеионизации как достойной замене ионного обмена.

Разработки технологии электродеионизации велись большим числом исследователей во многих странах. В середине XX века появились первые публикации об деионизации воды вышеуказанным методом, тогда как в настоящее время уже десятки тысяч установок эффективно эксплуатируются во всем мире.

Электродеионизацией (ЭДИ) называют процесс непрерывной деминерализации воды с использованием ионообменных смол, ионселективных мембран и постоянного электрического тока. Основной движущей силой процесса ЭДИ является разность потенциалов электрического поля по обе стороны мембранного канала, заполненного ионообменной смолой (ионитом).

Именно разность потенциалов обеспечивает перенос растворенных ионов из потока воды через ионселективные мембраны и непрерывную регенерацию ионита.

Деионизация под действием электрического тока происходит в виде следующих процессов:

- собственно ионный обмен вследствие прохождения растворенных ионов через слой ионообменных смол и их адсорбции на зернах катионита и анионита в соответствии с условиями термодинамического равновесия и массопереноса;
- отвод ионов в отсеки концентрата через слой ионита и ионселективные мембраны;
- регенерация ионита ионами водорода и гидроксидом, полученными в результате электролитической диссоциации молекул воды под воздействием постоянного тока;
- рекомбинация ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в отсеках концентрата с образованием  $H_2O$ .

Все основные перечисленные процессы в технологии ЭДИ являются непрерывными.

Схема организации вышеизложенных процессов приведена на рисунке 1. Смешанные слои катионита и анионита, на которых происходят обменные электрохимические реакции, заполняют проточные каналы. ЭДИ модуль содержит три типа таких каналов: деминерализации (Д), концентрата (К) и электролита (Э). Исходное сырье поступает в Д-каналы, ионитовые слои которого сорбируют растворенные ионы в обмен на гидроксид-ионы и ионы водорода, перемещая их к соответствующим по заряду мембранам. Затем ионы, прошедшие через мембрану, попадают в канал С и выносятся потоком концентрата.

Основное отличие электродеионизации от технологии ионного обмена заключается в непрерывном процессе электрохимической регенерации ионообменных смол посредством постоянного электрического тока, в то время как при ионном обмене этот процесс выполняется периодически с использованием химических реагентов. Однозначно данное отличие является существенным преимуществом, т.к. благодаря ему в электродеионизационном модуле

отсутствует, так называемая, зона «Истощённой обменной ёмкости смол», а качество продукта с течением времени не снижается (рис. 2).

Современные разработки технологии электродеионизации позволяет получать деионизированную воду с удельным сопротивлением до 18,2 МОм·см в непрерывном режиме с максимально возможной конверсией и минимально возможным расходом химических реагентов.

У технологии существует ряд таких дополнительных преимуществ как:

- минимизирование или отсутствие реагентного хозяйства;
- отсутствие необходимости транспортировки реагентов;
- отсутствие в необходимости утилизации реагентов после регенерации смол;
- отсутствие необходимости замены и утилизации самой отработанной смолы.

Вышеизложенные преимущества позволяют предприятиям экономить на закупке химикатов и соответственно на транспортных расходах, существенно сократить производственные площади, зоны хранения реагентов, а также частично решить проблемы сбросов и снизить нагрузку на очистные сооружения. Технология электродеионизации не только экологична, но и весьма компактна по сравнению с ионным обменом, позволяющая при этом непрерывно производить высококачественный продукт. Благодаря

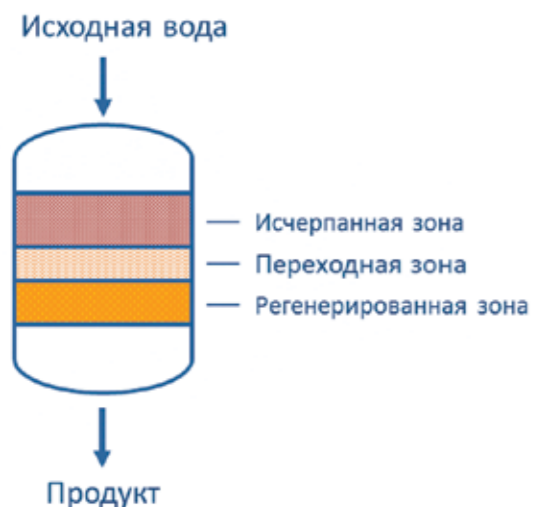
всем вышеописанным преимуществам себестоимость 1 м<sup>3</sup> деионизированной воды, полученной посредством технологии ЭДИ, в большинстве своем на 20-25% ниже в сравнении с продуктом процесса ионного обмена.

Чешская компания «МЕГА» является специалистом в области электромембранных процессов и имеет более чем 25-летний опыт работы в данном направлении. На протяжении многих лет компания занимается производством высококачественных ионообменных мембран RALEX®, электродиализных модулей, технологий для водоподготовки и очистки сточных вод.

В настоящий момент рынок оборудования электродеионизации представлен обширным ассортиментом качественной продукции. Основываясь на своем многолетнем опыте, в АО «МЕГА» был разработан ЭДИ модуль RALEX® Stack Mpure 36 (рис. 3) с более высокой производительностью и улучшенной конструкцией.

RALEX® Stack Mpure 36 позволяет применение в масштабных проектах и обеспечивает надежное и экономически выгодное техническое решение. Механическая конструкция модуля была усовершенствована с целью получения продукта стабильно высокого качества. Мембраны RALEX®, являясь частью RALEX® Stack Mpure 36, обеспечивают в свою очередь увеличение срока службы модуля и низкие эксплуатационные затраты.

**Ионный обмен**



**Электродеионизация**

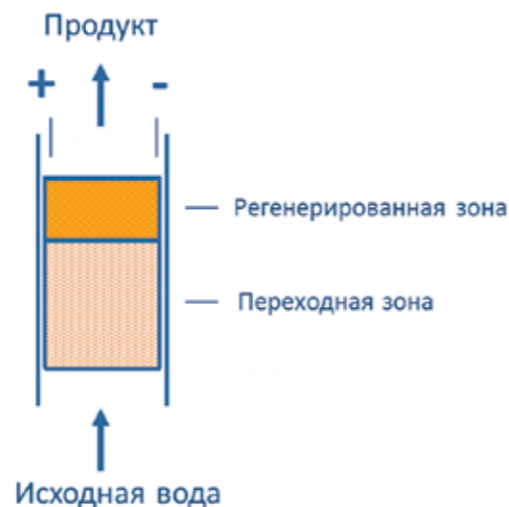


Рисунок 2  
Сравнение процессов ионного обмена и ЭДИ.



Рисунок 3  
RALEX® Stack Mpure 36.

Конструкторское исполнение модулей позволяет соединять их между собой напрямую (до трех в ряд) без использования дополнительных патрубков и размещать друг на друге до трех рядов. Это позволяет создавать компактные 1-9 модульные установки производительностью от 5 до 135 м<sup>3</sup>/ч.

Возможно создание расширенных систем подготовки деионизированной воды производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч и выше.

На рисунке 4 представлен график производительности MPure®, на котором прослеживается стабильное качество продукта:

- (>17 МОм·см (<0,059 мкСм/см)
- и <5 ·10<sup>-9</sup> силикатов)

в течение двухлетнего периода эксплуатации.

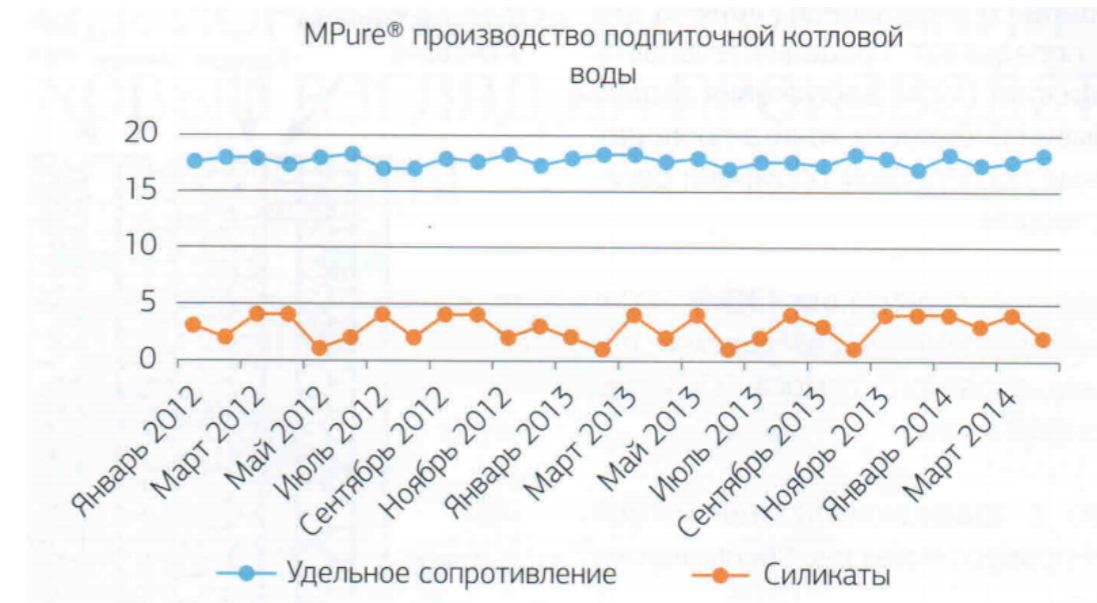


Рисунок 4  
График производительности MPure® за 2 года эксплуатации.

АО «МЕГА» предлагает поставку как готовых установок для пользователей, так и отдельных модулей RALEX® Stack Mpure 36 с блоками питания для квалифицированных производителей оборудования по всему миру. На территории России и стран СНГ поставку продуктов АО «МЕГА» осуществляет её дочерняя компания ООО «МЕГА ПрофиЛайн».

**Литература:**

1. Федоренко В.И. Производство ультрачистой воды методом непрерывной электродеионизации. - ВНИИ Пищевой Биотехнологии РАСХН Химико-фармацевтический журнал, Том 37 №3, 2003.
2. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. - М.: Издательство МГУ, 1996.
3. Магомедова Н.В., Попп Ю., Воропаев А.Н. Электродеионизация от компании MEGA – новый взгляд на производство сверхчистой воды. – Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение», №5, 2014.