МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САНИТАРНОМУ КОНТРОЛЮ ЗА ПРИМЕНЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Москва — 1986 год

gost.e-ecolog.ru

Методические указания разработаны в НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР (доктор мед. наук, профессор Ю. А. Рахманин, канд. биол. наук Г. В. Вербицкая) при участии Саратовского государственного медицинского института (доктор мед. наук, профессор Е. В. Штанников, канд. мед. наук И. Е. Ильин), лаборатории гигиены окружающей среды Минздрава СССР (доктор мед. наук Г. И. Рожнов), Московского НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана Министерства здравоохранения РСФСР (доктор мед. наук, профессор Ю. В. Новиков).

Настоящие «Указания» являются вторым переработанным изданием «Методических указаний по санитарному контролю за применением и эксплуатацией электродиализных опреснительных установок» (1975 г.).

В «Указания» включены новые данные гигиенических исследований, проведенных в лаборатории гигиены опресненных вод НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР по электродиализному опреснению морских вод, гигиенической оценке новых полимерных материалов, предназначенных для электродиализного опреснения ряда органических веществ; уточнены и дополнены гигиенические требования к качеству исходной и опресненной воды.

С введением в действие настоящих «Методических указаний» считаются утратившими силу «Методические указания по санитарному контролю за применением и эксплуатацией электродиализных опреснительных установок» № 1211-74 (1975), «Гигиенические рекомендации по совершенствованию опреснения шахтных вод методом дистилляции и электродиализа» № 1213-74 (1974 г.), «Гигиенические рекомендации по применению и совершенствованию электродиализного метода опреснения морской воды» № 1852-78 (1978 г.).

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель Главного
государственного санитарного врача
СССР
В. Е. Ковшило
22 ноября 1985 года
№ 4044-85

Настоящие «Методические указания по санитарному контролю за применением и эксплуатацией электродиализных опреснительных установок» разработаны на основании результатов исследований по гигиенической оценке электродиализных опреснительных установок различного типа, которые уже применяются для питьевого или хозяйственно-бытового водоснабжения при опреснении подземных, морских и шахтных вод.

Указания предназначены для санитарных врачей и сотрудников санитарно-эпидемиологических станций, исследователей, работающих в данном направлении в лабораториях и на кафедрах институтов, подведомственных Министерству здравоохранения СССР и минздравам союзных республик, а также для технических и хозяйственных организаций, занимающихся разработкой и эксплуатацией электродиализных опреснительных установок.

В указаниях излагаются основные положения по организации и проведению санитарного контроля за применением и эксплуатацией электродиализных опреснительных установок различного типа, определены санитарные требования к качеству исходной и опресненной воды.

I. Опреснение соленых и солоноватых вод методом электродиализа

В связи с растущим дефицитом пресной воды все большее значение приобретает внедрение в практику водоснабжения различных методов опреснения соленых и солоноватых вод. Одним из перспективных является электродиализный (электрохимический, электроионитовый) метод опреснения воды.

В технико-экономическом отношении электродиализ отличается от других методов рядом преимуществ: опреснение происходит без фазовых превращений (без агрегатного состояния воды), технологический процесс осуществляется непрерывно и может быть автоматизирован, глубина обессо-

ливания легко поддается регулированию. Метод характеризуется простотой аппаратурного оформления и эксплуатации.

Производительность отечественных электродиализных установок различного типа в настоящее время находится в пределах 25—1000 м³ в сутки. В дальнейшем возможно создание крупных опреснительных станций производительностью 50—100 тысяч кубометров воды в сутки, в связи с чем электродиализ может быть применен как для водоснабжения мелких населенных мест, так и городов.

В настоящее время наиболее широкое применение электродиализ получил для опреснения подземных солоноватых вод. В ряде районов Средней Азии, Казахстана, Украины, Западной Сибири, Северного Кавказа, Заволжья и др. эксплуатируется несколько сотен электродиализных установок различного типа и конструкций. В ближайшие годы намечается введение в эксплуатацию нескольких тысяч электродиализных установок различной производительности для опреснения подземных вод.

В то же время исследованиями последних лет показано, что в ряде случаев достаточно экономичным и оправданным может быть и применение электродиализного опреснения морской воды для водоснабжения прибрежных районов и водообеспечения судов торгового и промыслового флота. При этом опресненная морская вода может использоваться для технических и хозяйственно-бытовых целей при условии раздельного хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения, доочистки опресненной воды на фильтрах БАУ и эффективного обеззараживания. Применение опресненной морской воды для питьевых целей может быть разрешено только при использовании эффективных методов и средств по удалению избыточных количеств биологически активных микроэлементов бора и брома до уровня их предельно допустимых концентраций (соответственно 0,5 и 0,2 мг/л), или при условии разбавления опресненной морской воды природной пресной водой в соотношении 1 : 5 и более, что обеспечивает необходимую коррекцию макро- и микроэлементного состава в соответствии с требованиями ГОСТ'а 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».

В ряде угледобывающих районов (Донбасс и др.), характеризующихся дефицитом пресной воды, электродиализ уже используется для опреснения минерализованных шахтных вод в системе мероприятий по охране окружающей среды, безотходной технологии угледобычи. При этом применение электродиализа для опреснения шахтных вод позволяет

предотвратить загрязнение и засолонение пресноводных водоисточников и получить дополнительные ресурсы пресной воды для технических и хозяйственно-бытовых (при необходимой очистке и обязательном обеззараживании) целей, а также технические и пищевые соли. Опресненные электродиализом шахтные воды при соответствующей обработке, обеспечивающей содержание органических веществ и микроэлементов, соответствующие требованиям ГОСТ'а «Вода питьевая», могут быть потенциальными источниками питьевого водоснабжения.

Имеются отдельные немногочисленные примеры применения электродиализа для обессоливания сточных вод, разделения растворов в различных отраслях промышленности (химической, пищевой и др.) (4).

II. Принцип действия и устройство электродиализных аппаратов

Электродиализный метод опреснения воды основан на принципе разделения солей в электрическом поле и переносе ионов через селективные полупроницаемые ионитовые мембраны. При этом катионы солей, двигаясь под действием электрического тока к катоду, проходят через катионитовые мембраны и задерживаются анионитовыми. Анионы, наоборот, двигаясь к аноду, легко проходят через анионитовые мембраны и задерживаются катионовыми. При этом в нечетных камерах вода опресняется, а в четных концентрируется.

Электродиализный аппарат представляет собой пакет мембран и корпусных рамок фильтрпрессового типа, находящийся в электрическом поле постоянного тока между электродами и состоящий из чередующихся камер опреснения концентрирования, разделенных катионитовыми и анионитовыми мембранами. Камеры электродиализного аппарата могут быть «прямоточно-сетчатого» и «лабиринтного» типа. В зависимости от направления электрического поля аппараты подразделяются на горизонтальные и вертикальные.

Основным технологическим элементом электродиализных аппаратов являются катионитовые и анионитовые мембраны, селективные свойства которых (избирательная проницаемость) обеспечивают процесс разделения солей в электрическом поле.

Ионитовые мембраны представляют собой водонепроницаемые пленки, состоящие из ионообменной смолы (гомоген-

ные мембраны), иногда усиленные армированием и наполнителем (гетерогенные мембраны).

О физико-химических свойствах применяемых мембран в значительной мере зависит эффективность опреснения и качество опресненной воды. Они должны обладать высокой электропроводностью, селективностью, продолжительным сроком службы, иметь достаточную механическую прочность и стойкость в воде и концентратах (2).

В настоящее время на электродиализных установках различного типа применяются отечественные мембраны МА-40 МК-40, МА-41*, МКК, МАК, МКК-1р, МАК-1р, МК-100** которые разрешены к применению ГСЭУ МЗ СССР (9), основным элементом которых являются ионообменные смолы ЭДЭ-10П, КУ-2, АВ-17, пластификатор (полиэтилен) и армирующая ткань (капрон).

Ионообменные мембраны марок МА-40 и МК-40, гетерогенного типа, применяемые при электроионитовом опреснении минерализованной воды, изготавливаются в цехе ионообменных мембран Щекинского ПО «Азот» Тульской области по постоянному действующему технологическому регламенту № 22, утвержденному МХП СССР и Щекинским ПО «Азот».

Мембраны горючи, нетоксичны, нерастворимы в воде, слабых органических кислотах и в большинстве органических растворителях.

По мере эксплуатации и при длительном хранении физико-химические свойства мембран могут ухудшаться, что связано с их механическим износом или процессами деструкции полимеров, обусловленными воздействием органических веществ воды и окислителей при высоких плотностях тока, или так называемым «старением» мембран, что может привести к вымыванию из мембран в опресненную воду органических веществ, что следует учитывать при эксплуатации опреснительных установок.

Гигиенические исследования по оценке новых ионитовых мембран, предназначаемых для электродиализного опреснения воды, необходимо проводить в соответствии с общими принципами экспертизы полимеров для хозяйственно-питьевого водоснабжения (7), а также с учетом их специфиче-

---

* Ионитовые мембраны МА-40, МК-40, МА-41 получили гигиеническую оценку в Московском НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана МЗ РСФСР.

** Ионитовые мембраны МКК, МАК, МКК-1р, МАК-1р, МА-100, МК-100, МА-41-И, МА-41-ОС, МК-40-И получили гигиеническую оценку в НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР.

ского состава и технологии электродиализного опреснения, которые обусловливают методические особенности проведения исследований (1, 10, 14). При этом необходимо учитывать возможное влияние на мембраны и качество воды специфических факторов, характерных для электродиализного опреснения (минерализация, pH воды, содержание многовалентных ионов, органических веществ, электрический ток, температура), в связи с чем обязательно проведение испытаний мембран на модельных лабораторных установках (14). Следует также иметь в виду, что при оценке новых мембран, наряду с установлением уровней миграции в воду отдельных ингредиентов, входящих в их состав, необходимо использование интегральных показателей, в первую очередь, перманганатной и бихроматной окисляемостей, характеризующих не только степень, но и характер миграции органических веществ в воду. Изменение соотношения легко и трудно окисляющихся веществ может служить показателем деструкции мембран.

Косвенным показателем возможной деструкции ионитовых мембран может служить и обменная емкость (технологический показатель селективной способности ионитов), снижение которой может быть связано с разрушением ионитовых мембран. Расчетный срок службы отечественных гетерогенных мембран от 2 до 5 лет (3). Снижение срока службы мембран может быть обусловлено высоким солесодержанием образующихся концентратов, высокой температурой растворов и так называемым «отравлением» мембран многовалентными ионами (3).

В качестве конструкционных материалов для изготовления деталей установок (трубопроводы, корпусные рамки, арматура и пр.) широко применяются полиэтилен, полипропилен специальных марок, допущенных Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Минздрава СССР для прямого контакта с питьевой водой.

Процесс опреснения методом электродиализа может осуществляться по двум основным технологическим схемам:

— прямоточной (проточной) — когда необходимая степень опреснения достигается прохождением опресняемой воды (диализата) за один проход через один или несколько последовательно установленных аппаратов (ступеней). При этой схеме может применяться рециркуляция концентрата (проточно-рециркуляционная схема),

— циркуляционный — когда опреснение воды происходит только при многократной циркуляции диализата через один или несколько аппаратов до достижения необходимой

степени обессоливания. При этой схеме опреснение может осуществляться в 2-х модификациях:

а) циркуляционно порционной, когда в установках используются специальные циркуляционные емкости;

б) циркуляционной схеме непрерывного действия — исходная вода подается непосредственно в тракты концентрата и диализата, где частично разбавляется опресненной водой.

В соответствии с применяемой схемой опреснения электродиализные установки делятся на прямоточные и циркуляционные.

III. Характеристика электродиализных опреснительных установок различного типа и условия их применения

Существует несколько типов и конструкций электродиализных установок, различающихся по принципиальной технологической схеме, производительности, применяемым полимерным материалом, методам предподготовки, доочистки и обеззараживания воды.

Установка ЭОУ-НИИПМ-25М — конструкции НИИ пластмасс — прямоточного типа, производительность 25 м³ в сутки. Предназначена для опреснения солоноватых вод с исходной минерализацией до 6 г/л. Основным агрегатом установки является электроионитовый аппарат «Родник-3М», в котором размещается 200 пар аинонитовых (МА-40) и катионитовых (МК-40) мембран, образующих 200 камер опреснения и концентрирования.

Для улучшения органолептических свойств опресненной воды применяются фильтры с березовым активированным углем (БАУ). Обеззараживание опресненной воды в схеме установки не предусмотрено. Для борьбы с отложениями на мембранах нерастворимых солей предусмотрена переполюссовка (смена полярности электродов). Расчетная стоимость опресненной воды составляет 35—50 коп. за кубометр. Установка выпускается серийно Тамбовским машиностроительным заводом.

Установка ЭОУ-Р21 — конструкции НИИ пластмасс и Тамбовского машиностроительного п/о прямоточного типа. Предназначена для опреснения солоноватых вод с исходной минерализацией до 6 г/л, выпускается Тамбовским машиностроительным заводом и применяется для создания крупных опреснительных станций. В зависимости от исходного солесодержания проектная производительность составляет 200—480 м³/сутки.

Основной элемент опреснительной установки — электроионитовый аппарат «Родник-21», содержащий 300 пар ионообменных мембран (МК-40 и МА-40). Расчетная стоимость 1 м³ опресненной воды не превышает 25 коп. С целью сокращения количества сточных вод в установке предусматривается циркуляция рассола.

Прямоточные многоступенчатые установки с аппаратами типа ЭХО-М-5000×200 — конструкции ВОДГЕО, проектная производительность от 200 до 2000 м³/сутки. Основной элемент установки — «прямоточносетчатый» элекродиализный аппарат типа ЭХО-М-5000×200 (выпускается Алма-Атинским электромеханическим заводом), имеющий 200 пар ионитовых мембран МА-40, МК-40. Установки могут опреснять воды с солесодержанием до 6 г/л. Для снижения количества сбросных вод (концентрата+промывочных вод) предусматривается рециркуляция. Расчетная стоимость 1 м³ опресненной воды составляет 27—35 коп. Для механической очистки, обезжелезивания и обезмарганцевания исходной воды на подобных установках могут использоваться напорные кварцевые фильтры с предварительным дозированием $KMnO_4$ и флокулянта активированной кременекислоты (АК). Доочистка опресненной воды осуществляется на фильтрах БАУ. Для обеззараживания воды в некоторых случаях предусматривается добавление в опресненную воду анолита (промывных вод анодной камеры), содержащего растворенный газообразный хлор.

Установки ЭДУ-1-400×п (400—количество рабочих камер, п — число электродиализных аппаратов, максимально п=6) — конструкции Алма-Атинского электромеханического завода. Максимальная производительность электродиализного аппарата Э.400.01-8м³/час. Выпускается серийно Алма-Атинским электромеханическим заводом, в соответствии с «Техническими условиями» «Установки опреснительные электродиализные РСТ Каз. ССР № 384-79».

Электродиализатор АЭ-25. Предназначен для опреснения в основном солоноватых вод с исходной минерализацией 8—10 г/л. Состоит из 250 пар ионитовых мембран МКК, МАК. Расчетный съем солей составляет 40%. Производительность аппарата составляет 20—25 м³ в час. Выпускается Пятигорским электромеханическим заводом.

Установка СЭХО-2 (сельскохозяйственный электромеханический опреснитель) циркуляционного типа производительностью 12—25 м³ в сутки. Может опреснять воду с содержанием солей не выше 8—10 г/л. Изготовлена в 3-х экземплярах как опытно-промышленный образец. Установка раз-

мещена в автофургоне и используется как передвижная опреснительная станция. Электродиализатор — горизонтальный аппарат фильтрпрессового типа, собранный из 3-х пакетов, каждый из которых включает 101 ионитовую мембрану (МА-40, МК-40). Для механической очистки и частичного обезжелезивания исходной воды используется секционный песочно-кварцевый двухслойный фильтр. Доочистка опресненной воды проводится на фильтре БАУ.

Установки прямоточного типа (ЭОУ-НИИПМ-25 и др.) предназначены в настоящее время в основном, для опреснения солоноватых вод с солесодержанием не выше 6—7 г/л. Опреснение вод с большей минерализацией может осуществляться на многоступенчатых установках этого типа.

Установки циркуляционного типа (ЭДУ-50, 100, СЭХО-2) могут опреснять воду с любым уровнем минерализации, однако, практическое применение они находят в настоящее время, главным образом, для опреснения солоноватых вод с исходным солесодержанием не выше 8—12 г/л, так как с повышением уровня минерализации исходной воды значительно снижается производительность установок и повышается стоимость опресненной воды. Циркуляционные установки более приспособлены к колебаниям солесодержания исходной воды, поэтому они могут применяться в виде передвижных (например, СЭХО-2). В связи с простотой регулирования глубины опреснения могут быть применены для получения пресной воды с необходимым (различным) уровнем солесодержания.

Установки циркуляционного типа (ЭДУ-50, СЭХО-2) и прямоточные с рециркуляцией концентрата (ЭХО-15-4П) позволяют изменять количество сбросных вод. Кратность рециркуляции концентрата, а следовательно количество сбросной воды зависит от состава исходной и в каждом конкретном случае определяется расчетом, учитывающим возможность предельного концентрирования, исходя из условий невыпадения в пределах концентрата соединений сульфата кальция. Для большинства подземных вод кратность концентрирования лежит в пределах 2—5.

IV. Гигиенические требования к составу и качеству опресняемых высокоминерализованных вод

При выборе источника водоснабжения необходимо проведение полного санитарно-химического и микробиологического анализа исходной воды (в соответствии с ГОСТ'ом 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-пить-

евого водоснабжения») с указанием посезонного изменения уровня минерализации, макро- и микроэлементного и микробного состава. Кроме того, процесс подготовки питьевой воды методом электродиализа определяет ряд дополнительных требований к выбору источника водоснабжения:

1. В связи с тем, что наличие в исходной воде значительных количеств посторонних примесей (песка, гуминовых и взвешенных веществ) при механическом осаждении их в камерах может привести к значительному снижению эффективности опреснения, в исходной воде должно содержаться взвешенных веществ не более 2 мг/л, цветность должна быть не выше 20° (по платино-кобальтовой шкале).

2. В виду способности накопления в мембранах многовалентных ионов (Fe, Mn), что приводит к так называемому «отравлению» мембран — значительному понижению их селективности и росту электрического сопротивления, а также возможности накопления в рабочих камерах осадков из гидроокисей металлов, содержание железа (общего) в исходной воде не должно превышать 0,05 мг/л, содержание марганца должно быть не более 0,05 мг/л.

3. В связи с аналогичным действием на анионитовые мембраны органических веществ, которые могут находиться в природных водах, окисляемость исходной воды не должна превышать 3—5 мг O_2/л.

Для установок типа ЭОУ-НИИПМ-25 предусматривается содержание взвешенных веществ в исходной воде не более 3 мг/л, содержание железа и марганца не более 0,3 мг/л.

4. Активная реакция (pH) должна быть не менее 7 (так как вода при опреснении может закисляться, то она должна быть более 7, то есть 8—8,5.

Если исходная вода не отвечает этим требованиям, должна предусматриваться ее механическая очистка, обезжелезивание, обезмарганцевание и др.

5. Микроэлементный состав подземных минерализованных вод ряда районов (Казахстан, Западная Сибирь и т. д.), а также морской воды характеризуется высокими концентрациями бора и брома, значительно превышающими допустимые нормативы (соответственно 0,5 и 0,2 мг/).

Учитывая то, что в процессе опреснения подземных солоноватых вод удаляется примерно до 40% бора и 50—60% брома, допустимые концентрации их в исходной воде не должны превышать соответственно 0,75 и 0,5 мг/л (при исходной минерализации до 6—7 г/).

При опреснении морской воды содержание брома снижается в 30 раз, в связи с чем содержание его в исходной морской воде может составлять величину до 6 мг/л.

6. В связи с тем, что содержание фтора в опресненной воде снижается на 40—60%, при исходных концентрациях его ниже 1—1,2 мг/л может возникнуть необходимость в дополнительном фторировании опресненной воды. Это обстоятельство также следует учитывать при выборе водоисточника для электродиализного опреснения.

7. При электродиализном опреснении отмечается снижение содержания ряда органических веществ в опресненной воде, связанное с концентрированием их в рассоле и накоплением на мембранах.

Эффективность задержки нефтепродуктов составляет 50%, канцерогенных веществ (3, 4-бензпирена) — 50%, ПАВ — 50—60%, фенолов — 35%. С учетом установленных допустимых концентраций этих веществ содержание их в исходной воде не должно превышать соответственно 0,6 мг/л, 0,01 мкг/л, 1—1,25 и 0,0015 мг/л. Следует учитывать, что эффективность задержки некоторых ядохимикатов составляет в среднем 45—55%.

8. Производительность электродиализных установок и эффективность опреснения в значительной мере зависят от минерального состава исходной воды. Наиболее эффективно происходит опреснение хлоридных вод, значительно труднее опресняются воды сульфатного типа, в связи с чем предельный ток, а следовательно и производительность установок уменьшается. Это обстоятельство следует принимать во внимание при выборе водоисточника для электродиализного опреснения. Содержание сульфата кальция (от общего солесодержания) не должно быть более 50%.

9. В процессе электродиализного опреснения образуются сбросные воды, которые состоят, главным образом, из концентрата и промывных вод приэлектродных камер. Количество их довольно велико и в зависимости от типа установки, уровня минерализации и состава исходной воды составляет от 25—30 (ЭДУ-300), до 50% (ЭОУ-НИИПМ-25) процентов от общего количества опресняемой воды. В то же время по составу и физико-химическим свойствам эти стоки представляют реальную опасность при попадании в открытые водоемы и водоносные горизонты (уровень солесодержания их в 2—5 раз может превышать минерализацию исходной воды, а активная реакция из-за подкисления рассола снижается до pH 4—5). В связи с отсутствием в настоящее время технических средств по очистке и нейтрализации

сбросных вод электродиализных установок, при выборе источника водоснабжения необходимо предусматривать возможность спуска их в водоемы или удаления на испарительные площадки в соответствии с «Положением о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения» (№2640-82), а также в соответствии с «Правилами охраны водоемов от загрязнения сточными водами» и «Положением об охране подземных вод» (Мингео СССР, 1984) необходимо предусмотреть мероприятия по редотвращению сброса рассолов от электродиализных установок в открытые водоемы и водоносные горизонты питьевого назначения.

Организация зон санитарной охраны водоисточника для электродиализного опреснения должна проводиться в соответствии с действующим законодательством.

При соответствии качества исходной морской воды вышеуказанным требованиям зона санитарной охраны морских питьевых водозаборов может быть определена в 200 м.

V. Гигиенические требования к подготовке исходной воды

Если качество исходной воды не соответствует вышеперечисленным требованиям (раздел IV пункты 1—3) она должна подвергаться перед опреснением специальной обработке (механическая очистка, осветление, удаление железа и марганца и др.). При высокой жесткости исходной воды (свыше 20—25 мг-экв/л) желательно проведение ее частичного умягчения (8).

Механическая предочистка исходной воды, имеющая, как казывалось. важное значение для повышения эффективности работы электродиализных установок, не всегда, однако, оказывается достаточно эффективной. При обработке некондиционной исходной воды на металлокерамических фильтрах трубой очистки (МФК), смонтированных на установках типа ЭОУ-НИИПМ-25, не всегда достигалась необходимая степень ее очистки. Вследствие этого на мембранах отмечается отложение песка и других примесей, что может обусловливать значительное снижение эффективности опреснения.

Лучшие результаты достигаются при обработке воды на напорных песчаных фильтрах с предварительной реагентной обработкой. После фильтрации через них исходная вода практически освобождается от взвешенных веществ и освет-

ляется. Происходит также частичная задержка окисного хлопьевидного железа.

Положительную оценку получили двухслойные фильтры с кварцевым песком и антрацитом (скорость фильтрации — 10 м³/час), используемые для предподготовки исходной воды на установках типа СЭХО-2. Фильтры предназначаются для механической очистки и частичного обезжелезивания исходной воды.

Хорошие результаты получены при применении для механической очистки медленных фильтров. Исходная вода, обработанная на них, обладает удовлетворительными физико химическими свойствами.

Предподготовка исходной воды может осуществляться на напорных фильтрах, загруженных сульфоуглем. Кроме частичной механической очистки и обезжелезивания на фильтрах происходит частичное умягчение исходной воды. При правильной эксплуатации обработанная на этих фильтрах вода отвечает необходимым требованиям.

Очистка воды от гуминовых веществ может быть осуществлена сорбцией на коллоидной гидроокиси алюминия (4).

Из существующих методов обезжелезивания и обезмарганцевания воды следует указать на хорошие результаты, получаемые при применении перманганатного метода (с использованием $KMnO_4$). Обработка этим методом воды с таким, например, высоким содержанием железа и марганца как 4—5 мг/л (Fe) и 0,5—3 мг/л (Mn) приводит к снижению остаточных концентраций их в воде до допустимых пределов, при условии дополнительного применения в качестве флокулянта активированной кремнекислоты (АК), которая способствует укрупнению образующихся хлопьев гидроперекиси железа и марганца.

Следует принимать во внимание, что при использовании реагентных методов с $KMnO_4$, остаточное содержание марганца в опресненной воде не должно превышать 0,1 мг/л (по иону Mn).

Удаление железа и марганца может быть достигнуто также H или Na катионированием (4).

В технологических схемах некоторых прямоточных установок с аппаратами ЭХО-М-×5000×200 предусматривается добавление в исходную воду анолита (5), т. е. промывных вод камеры для окисления закисного железа исходной воды содержащимися в ней хлором и кислородом. Однако недостаточный опыт эксплуатации опреснительных установок в настоящее время еще не позволяет установить оптимальные

границы (условия) применения анолита, что в ряде случаев при значительном содержании железа в исходной воде приводит к необходимости дополнительного применения выше описанных реагентных методов.

Применение и эффективность различных методов предподготовки зависит от типа установки и состава исходной воды.

Следует отметить, что в некоторых случаях (при высоких концентрациях ряда элементов в исходной воде, например, бора и брома) применение существующих методов предподготовки может оказаться неэффективным и экономически неоправданным, что также необходимо иметь в виду при выборе источника водоснабжения.

VI. Требования к составу и качеству опресненной воды

Качество воды, опресненной методом электродиализа, по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям должно соответствовать ГОСТ'у 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».

При контакте с водой из полимерных материалов, используемых в электроионитовых опреснительных установках (ионитовые мембраны, конструкционные материалы) в опресненную воду могут мигрировать органические вещества, потенциально опасные в токсикологическом отношении или же ухудшающие органолептические свойства воды (незаполимеризовавшиеся мономеры, олигомеры, активаторы, стабилизаторы, пластификаторы и др.). Этот процесс может интенсифицироваться при «старении» или деструкции полимеров, вызываемых воздействием различных факторов внешней среды (температура, электрический ток, радиация и др.). Поэтому все детали электроионитовой опреснительной установки, соприкасающиеся с обрабатываемой водой, должны быть изготовлены из материалов, допущенных Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР к использованию (с учетом их специфических особенностей) в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Опресненная вода должна подвергаться обязательной доочистке на фильтрах БАУ независимо от типа установки и состава исходной воды. Целесообразность применения фильтров БАУ связана не только с использованием их в качестве надежных дезодорантов, но и для частичной задержки комплекса непахучих, аналитически не всегда определяющихся

органических веществ, которые могут присутствовать в исходной воде или вымываться из применяемых полимеров (11). Следует отметить, что органолептические свойства опресненной воды в значительной степени определяются состоянием березового активированного угля, так как при длительной работе его адсорбционная способность снижается, что отрицательно сказывается на ее качестве.

Ввиду избирательной способности удаления ионов при электродиализе количественные уровни глубины опреснения воды для питьевых целей должны быть дифференцированные для каждого из гидрохимических типов вод (15).

Максимальный уровень минерализации опресненной воды (до 1 г/л) и содержание основных солевых компонентов (сульфатов, хлоридов и др.) должны соответствовать действующему стандарту на качество питьевой воды. Минимально необходимый уровень солесодержания не должен быть ниже 100 мг/л (16).

Оптимальные пределы минерализации для опресненных электродиализом хлоридно-сульфатных и гидрокарбонатных вод — от 250 до 500 мг/л (5). При этом содержание кальция в опресненной воде не должно быть ниже 30 мг/л (6), а щелочность должна находиться в пределах 0,5—6,5 мг-экв/л в связи с незначительным содержанием кальция и бикарбонатов в опресненной воде. В целях повышения полноценности и улучшения свойств опресненной воды может возникнуть необходимость в коррекции ее солевого состава посредством дополнительной карбонизации опресненной воды и обогащения ее кальцием при фильтрации ее через фильтры с мраморной крошкой. Такая обработка целесообразна также и для снижения коррозионных свойств воды.

Содержание натрия в опресненной воде должно быть не более 200 мг/л, минимально необходимая жесткость — 1,5 мг-экв/л (щелочность воды в пределах 0,5—6,5 мг-экв/л), температура — не более 25° С.

Как указывалось, микроэлементный состав опресненной воды существенно отличается от природных пресных вод. В связи с тем, что в некоторых минерализованных водах (особенно в морской воде) в высоких концентрациях содержатся бор и бром, которые при поступлении в организм могут оказывать выраженное токсическое воздействие на функциональное состояние ряда органов и систем организма, содержание в опресненной воде этих микроэлементов не должно превышать:

— 0,5 мг/л по иону бора (B)

— 0,2 мг/л по иону брома (Br).

При повышении содержания бора и брома в воде могут быть использованы специальные бор-бромзадерживающие средства (мембраны, сорбенты и др.). Гигиеническую оценку получил сорбент гидроокись циркония. Эффективность задержки бора сорбентом составляет — 60—85%, брома — 22—40% в зависимости от исходных концентраций.

При электродиализном опреснении происходит значительное снижение микробного загрязнения (17, 18). Вместе с тем, даже при удовлетворительном качестве исходной воды (в бактериальном отношении), в процессе эксплуатации электродиализных установок могут создаваться условия, приводящие к дополнительному микробному загрязнению опресненной воды. Это связано как с возможностью вторичного загрязнения, так и с тем, что на фильтрах предподготовки, доочистки (БАУ) и ионитовых мембранах может осаждаться и накапливаться осадок органического происхождения, который способствует размножению микроорганизмов.

В связи с этим опресненная электродиализом вода должна подвергаться обязательному обеззараживанию одним из известных методов, независимо от типа установки, состава и качества исходной воды (12). При удовлетворительных свойствах воды (прозрачность, мутность, цветность, взвешенные вещества) для обеззараживания опресненной воды могут быть использованы бактерицидные установки или установки для обеззараживания воды жидким хлором. Добавление в исходную воду анолита (содержащего газообразный хлор, образующийся при электролизе солей исходной воды в прианоидной камере), как это предусмотрено на некоторых установках с аппаратами ЭХО-М-5000×200, хотя и может дать определенный обеззараживающий эффект, который зависит от содержания хлоридов в исходной воде и плотности тока, однако, не исключает необходимость дополнительного обеззараживания опресненной воды, которое должно проводиться на последнем этапе ее доочистки перед подачей в резервуары чистой воды.

VII. Эксплуатация электродиализных установок

Эффективность опреснения и качество опресненной воды в значительной мере зависит от правильной эксплуатации электродиализных установок.

В процессе электродиализа в рассольных и прикатодных камерах может отлагаться осадок труднорастворимых солей, что приводит к снижению производительности установок и

эффективности опреснения воды. Для борьбы с этими отложениями на электродиализных установках должны быть предусмотрены и строго соблюдаться необходимый в каждом конкретном случае режим подкисления рассола и католита и периодическая переполюсовка (изменение полярности) электродов, что должно быть отражено в инструкции по эксплуатации.

В связи с возможностью особенно интенсивного вымывания в опресненную воду из ионитовых мембран органических веществ, в начальный период эксплуатации перед подачей опресненной воды населению в течение не менее 2-х суток должна проводиться промывка установки (работа вхолостую), выделенной на рабочий технологический режим. Промывка установки необходима также после длительного перерыва в ее работе. Подача питьевой воды населению может быть осуществлена только после положительного заключения органов санитарно-эпидемиологической службы о соответствии качества опресненной воды требованиям, изложенным в разделе VI настоящих рекомендаций.

Ввиду необратимости процессов накопления в мембранах многовалентных ионов (Fe, Mn), приводящего к так называемому «отравлению» мембран и необходимости их частичной замены, из-за ухудшения рабочей эффективности таких мембран, обязательным условием эксплуатации электродиализных установок является проведение своевременной их регенерации, а в случае необходимости и замены. Регенерация катионитовых мембран осуществляется после разборки аппарата, механического удаления осадка с их поверхности и вымачиванием их в течение суток в 2—5% соляной или 2% серной кислотах (8). После регенерации мембраны должны быть тщательно промыты проточной водой и продезинфицированы в соответствии с установленными требованиями (7), изложенными в «Методических указаниях по гигиеническому контролю за изделиями из синтетических материалов, предлагаемых для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения». Сроки эксплуатации ионитовых мембран должны регистрироваться.

В процессе эксплуатации электроионитовых опреснительных установок следует осуществлять ежегодную замену приэлектродных мембран (по две штуки со стороны катода и анода), а также осуществлять периодическую замену непригодных для дальнейшего использования ионитовых мембран (через каждые два—три года).

Ухудшение качества опресненной воды, обработанной на фильтрах БАУ (появление специфического запаха до 3-х

баллов, повышение окисляемости воды), свидетельствует о снижении сорбционной способности березового активированного угля и обусловливает необходимость его замены или регенерации.

При эксплуатации электродиализных установок следует учитывать, что электродиализные аппараты и ионитовые мембраны довольно чувствительны к действию температурного фактора. При понижении температуры производительность уменьшается, а при замерзании растворов может произойти разрыв мембран, корпусных рамок и коммуникаций. Предел термостойкости мембран составляет 45—50° С. Повышение температуры воды выше 40° может приводить к деструкции мембран и интенсификации процессов миграции из них органических веществ. При высыхании линейные размеры мембран уменьшаются, что может привести к их разрыву. Поэтому бездействующий аппарат не должен быть сухим.

Так как глубина опреснения на электродиализных установках, а, следовательно и качество опресненной воды, в значительной мере зависит от технологического режима работы установок, регулирование режима эксплуатации установок должно проводиться под постоянным лабораторно-производственным контролем. При этом следует иметь в виду, что повышение плотности тока, связанное с увеличением глубины опреснения, может проводиться до определенных пределов, выше которых наступает поляризация мембран и интенсивное образование щелочных отложений в рассольном тракте. В некоторых случаях изменение режима может привести к значительному понижению содержания в опресненной воде физиологически важных элементов (Са и других).

В процессе эксплуатации электродиализных установок образуются значительные количества сбросных вод (концентраты и промывные воды), которые, как указывалось выше, могут представлять опасность при попадании в подземные водоносные горизонты и открытые водоемы. В настоящее время еще не разработаны надежные методы по их очистке и нейтрализации.

Оптимальным решением является полная утилизация концентрата с получением солей. Однако, этот метод может найти применение пока только на крупных опреснительных станциях большой производительности, а также в системах безотходной технологии. Для снижения количества сбросных вод там, где это позволяет состав исходной воды, рациональным является применение на установках схемы с ча-

стичной рециркуляцией рассола. Выбор способа отведения сбросных вод (на испарительные плащадки, водонепроницаемые емкости, пруды-накопители, спуск в канализацию и т. д.) должен проводиться с учетом местных условий с обязательным участием органов санэпидслужбы и гарантировать полную безопасность сбросных вод для открытых водоемов и водоносных горизонтов.

Персонал, обслуживающий электродиализные опреснительные установки в целях предупреждения возможных несчастных случаев должен соблюдать соответствующие правила по обслуживанию электроустановок, которые должны быть изложены в инструкции по технике безопасности.

Процесс опреснения воды в электроионитовой установке связан с применением электроэнергии. Электрическая часть установки должна отвечать требованиям действующих «Правил устройства электрооустановок» и «Правил технической эксплуатации к безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий».

Помещение, в котором находится установка, относится к классу помещений с повышенной опасностью в отношении поражения электрическим током. В связи с этим, пол в помещении должен быть не токопроводящим (например, метлахская плитка), а подходы к электроионитовому аппарату и выпрямителю должны быть покрыты резиновыми ковриками на деревянных решетках.

Так как исходная вода является электролитом, то все трубопроводы должны быть выполнены из токонепроводящего материала (полиэтилен), а аппараты и арматура покрыты токонепроводящим химическим покрытием (полимерраствоы).

Несущие металлические части электродиализного аппарата должны быть надежно заземлены. Для стока подтекающей из сборки пакета воды необходимо предусмотреть дренажную систему.

Электродиализные аппараты должны быть ограждены заземляющим разборным металлическим ограждением с блокировкой в месте разъема, автоматически отключающей питание постоянным током при открывании ограждения.

На ограждении, со стороны разъема должны висеть таблички: «Осторожно! Под напряжением!».

При работе необходимо предусматривать и соблюдать следующие правила и меры техники безопасности:

а) перед включением установки проверить заземление всех металлических узлов установки, а также корпуса выпрямителя;

б) проверить работу блокировки ограждения электродиализного аппарата;

в) проверить герметичность всех коммуникаций и узлов установки; в случае утечки воды устранить дефекты;

г) если обнаружена утечка воды во время работы установки, необходимо отключить выпрямленный ток или всю установку, и в зависимости от причин произвести необходимые работы.

Для предупреждения ошибочного включения тока при ремонте установки, необходимо принять меры безопасности — вывесить на включенном аппарате или рубильнике плакат «Не включать — работают люди!», в рубильник вставить изоляционные прокладки;

д) во время работы аппарата прикасаться к трубопроводам поступающего и выходящего потоков воды, а также к металлическим деталям ротаметра голыми руками — запрещено;

е) отбор проб и регулировку вентилей под ротаметрами производить в резиновых диэлектрических перчатках;

ж) в случае попадания обслуживающего персонала под напряжение необходимо немедленно выключить установку и оказать первую помощь пострадавшему.

Для ремонта выпрямителя к работе могут быть допущены лица, знакомые с работой выпрямителя и имеющие квалификацию не ниже 3-го разряда.

При работе электродиализных аппаратов у катода восстанавливается водород, который хотя и растворяется в католите, но в отдельных случаях выделяется из него. Поэтому в крупных установках (производительность более 300—500 м^3/сутки) существует опасность постепенного накопления водорода в помещении установки в концентрациях, превышающих взрывоопасный предел. Для предотвращения этого необходимо:

а) устройство местных принудительных отсосов воздуха от горловин баков католита или рассольных баков (если тракты рассола и католита объединены),

б) устройство естественных отсосов воздуха из верхних точек помещения установки,

в) организация принудительной вентиляции помещения 4—6 кратным воздухообменом.

VIII. Организация санитарного надзора за опреснением воды методом электродиализа

При решении вопроса о возможности опреснения воды методом электродиализа для питьевых целей органам сани-

тарно-эпидемиологической службы должны быть представлены на рассмотрение следующие материалы:

1. Санитарная, гидрогеологическая, гидрологическая, и топографическая характеристика источника водоснабжения и условия водозабора:

а) дебит источника (для подземного) или расход воды (для поверхностного);

б) гидрологический или гидрогеологический режим;

в) возможность организации зон санитарной охраны;

г) санитарно-техническая характеристика водозаборных сооружений.

2. Данные об уровне минерализации, макро- и микроэлементном составе исходной воды (с учетом сезонных колебаний) по органолептическим, физико-химическим и бактериологическим показателям, предусмотренным ГОСТ'ом и разделом IV настоящих Указаний с учетом содержания нефтепродуктов, детергентов, ядохимикатов, канцерогенов и других специфических интредиентов.

3. Проект электродиализной установки, включая данные по технологическому режима ее работы.

4. Проект опреснительной станции, в том числе:

— технологическая схема предварительной подготовки воды (в случае необходимости),

— технологическая схема доочистки и кондиционирования опресненной воды (в случае необходимости),

— технологическая схема обеззараживания опресненной (при необходимости и исходной) воды,

— условия обеззараживания, нейтрализации, отведения и утилизации сбросных вод.

Организация санитарных, гидрогеологических и топографических и других исследований входит в обязанность проектных и хозяйственных организаций.

Порядок проведения контроля за качеством воды, опресненной на электродиализных установках, определяется требованиями ГОСТ'а 2874-82 «Вода питьевая» (если предусматривается централизованное водоснабжение) и настоящими Указаниями.

Ответственность за качество воды, подаваемой потребителю, несет организация (предприятие), монтирующее и эксплуатирующее опреснительную установку.

Санитарно-эпидемиологические станции в порядке государственного санитарного надзора выборочно проводят исследования исходной и опресненной воды по установленному графику (но не реже 1 раза в квартал). Поскольку качество опресненной электродиализом воды в большей степени,

чем при других методах водоподготовки и, зависит от состояния оборудования, контроль качества опресненной воды следует проводить не реже 1 раза в месяц (при условии жесткого суточного контроля службы эксплуатации). При пуске установок в эксплуатацию длительность исследований определяется качеством опресненной воды. При осуществлении текущего санитарного надзора следует вести контроль за эффективностью применяемых методов предподготовки воды, методов кондиционирования (доочистки, коррекции солевого состава, фторирования, применение бор-бром-задерживающих средств и др.), а также эффективностью обеззараживания опресненной воды на основании результатов исследований производственной лаборатории.

IX. Оценка эффективности работы электродиализных установок

В связи с тем, что электродиализное опреснение является сравнительно новым методом получения пресной воды питьевого качества, настоящие рекомендации не могут охватить всего круга вопросов, возникающих в различных условиях применения этого метода. Это, а также необходимость совершенствования хозяйственно-питьевого водоснабжения населения опресненной водой обусловливает важность и актуальность дальнейших исследований по оценке гигиенической эффективности электродиализного опреснения.

Изучение гигиенической эффективности работы электродиализных установок рекомендуется проводить по следующей схеме*.

1. Общая санитарная характеристика населенного пункта:

а) природные и климатические условия,

б) демографические данные,

в) перспективы развития.

2. Санитарно-гигиеническая характеристика хозяйственно-питьевого водоснабжения;

а) общая схема питьевого водоснабжения,

б) расчетные и фактические данные по питьевому водоснабжению на душу населения (зимний и летний периоды),

в) характеристика источников водоснабжения,

г) санитарно-гигиеническая оценка качества воды исследуемых водоносных горизонтов.

3. Гигиеническая оценка качества опресненной воды по показателям:

---

* Для санитарно-эпидемиологических станций выполнение исследований по предлагаемой схеме не является обязательным.

— органолептическим (запах, привкус, мутность, цветность),

— физико-химическим (общее содержание солей, общая жесткость, хлориды, сульфаты, карбонаты, магний, кальций, натрий, калий, железо, марганец, бор, бром, фтор, иод, перманганатная и бихроматная окисляемость, pH),

— микробиологическим (общее число бактерий, колититр, коли-индекс),

— отношение населения к потребляемой опресненной воде.

4. Изучение состояния здоровья населения, длительное время (более 3—5 лет) использующего опресненную воду для питьевых целей.

5. Гигиеническая оценка способов удаления сточных вод опреснительных установок:

— изучение количества и качества образующихся в процессе электродиализа сточных вод,

— изучение влияния сточных вод на поверхностные и подземные воды.

— Материалы по результатам наблюдений и оценке гигиенической эффективности работы электродиализных опреснительных установок следует направлять в Главное санитарно-эпидемиологическое управление Минздрава СССР (Москва, Рахмановский пер., 3).

ПОСОБИЯ

1. **Аксюк А. Ф., Рахманин Ю. А., Шефтель В. О., Новиков Ю. В., Рожнов Г. И.** В сб.: «Гигиенические основы опреснения воды». М., 1981.

2. Апельцин И. Э., Клячко В. А. Опреснение воды. М., Стройиздат, 1968, 222.

3. Временные указания по расчету, проектированию и изготовлению электродиализных (электромеханических) опреснительных установок. М., Госстрой, 1970.

4. **Гребенюк В. Д.** Электродиализ. Киев, изд. «Техника», 1976, 160.

5. **Малиновский И. Н.** Опытно-промышленная станция в поселке Новониколаевке Запорожской области. В кн.: «Опреснение соленых вод и использования их для водоснабжения». М., 1972.

6. Гигиенические вопросы опреснения воды. М., 1981, 12—19.

7. Методические указания по гигиеническому контролю за изделиями из синтетических материалов предлагаемых для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения. № 2349-81, М.

8. **Первов Г. Г., Ушаков Л. Д., Кирдун В. А.** Особенности эксплуатации электродиализных опреснительных установок на подземных водах. В кн.: «Опреснение соленых вод и использование их в водоснабжении», М., 1972.

9. Перечень новых материалов и реагентов, разрешенных Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения», М., 1979.

10. **Рахманин Ю. А., Рожнов Г. И.** Гигиенические основы изучения и оценки ионообменных полимерных материалов. Сб.: «Производство и переработка пластмасс и синтетических смол. М., 1979, в. 9.

11. **Сидоренко Г. И., Рахманин Ю. А., Рожнов Г. И.** Гигиеническая оценка электродиализных опреснительных установок. Гигиена и санитария, 1974, № 10.

12. **Сидоренко Г. И., Рахманин Ю. А., Рожнов Г. И.** и др. Санитарно-микробиологическая оценка электродиализного опреснения воды. Гигиена и санитария, 1978, № 11.

13. Электроионитовая опреснительная установка ЭОУ-НИИПМ-25. М., ЦНИИТЭИ, 1973.

14. **Штанников Е. В., Рожнов Г. И., Акимов А. М.** Гигиена и санитария, 1972, № 4.

15. **Горшкова Е. Ф.** Санитарно-химические исследования по оценке качества опресненных вод, получаемых при электродиализном опреснении минерализованных вод различных гидрохимических типов. Автореферат канд. диссертации, М., 1979.

16. **Пархомчук Т. К., Горкова Е. Ф.** В сб.: «Электрохимическое обессоливание морской и минерализованных вод», Батуми, 1976, 117—119.

17. **Мельникова А. И.** В сб.: «Актуальные вопросы санитарной микробиологии», М., 1973, с. 120.,

18. **Шиганова В. Л., Гипп Е. К.** В сб.: «Вопросы гигиены воды и и санитарной охраны водоемов». М., 1975, с. 20—22.

gost.e-ecolog.ru
Л 56979 от 23.05.1986 г. Зак. 1171 Тир. 500

Типография Министерства здравоохранения СССР