



СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ СОЛЕННОЙ ПУТЕМ МНОГОСТАДИЙНОЙ ОБРАБОТКИ

Представлены строительные системы и конструкционные материалы новой технологической схемы многостадийной обработки соленой природной воды при строительстве очистных сооружений водопровода. Проанализированы существующие строительные конструкции и аппараты для осуществления методов подготовки воды, их преимущества и недостатки. Предложенная схема включает возможность монтажа сооружений для обработки вод с повышенным содержанием минерализации и морской воды, для получения питьевой, пресной, обессоленной воды. Показана возможность дезинфекции ионообменных материалов гипохлоритом натрия, полученным электролизом из части исходной морской воды.

Схема очистки вод, очистные сооружения, минеральная вода, морская вода, электролиз, дезинфекция.

Технологии обработки высокоминерализованных вод, содержащих антропогенные примеси, отличаются сложностью, многостадийностью и дороговизной. Так, технология подготовки высокоминерализованной воды может включать биосорбцию с аэрацией, трехслойное осветлительно-сорбционное фильтрование, электродиализ, обратный осмос и сорбцию [1]. Недостатками такой технологии являются сложность аппаратного оформления и высокие энергетические затраты. В любом случае при подготовке питьевой воды из поверхностных источников требуется ее обеззараживание, в частности гипохлоритом натрия, который может быть получен электролитически. Иногда гипохлорит натрия получают путем электролиза искусственно приготовленных растворов хлорида натрия. Однако использование искусственно приготовленных растворов хлорида натрия обуславливает либо сложный контроль за процессом электролиза и дозировкой подачи гипохлорита натрия в обрабатываемую воду в случае применения технического хлорида натрия с непостоянным составом, либо использование специально приготовленного достаточно дорогого хлорида натрия, что значительно увеличивает стоимость технологии обработки воды. При обработке питьевой воды раствор гипохлорита натрия, пригодный для ее обеззараживания, должен отвечать повышенным требованиям по чистоте и содержанию примесей, что в случаях применения искусственно приготовленных растворов хлорида натрия достигается использованием очищенного хлорида натрия и специально подготовленной воды либо последующей очисткой гипохлорита натрия, что существенно увеличивает стоимость обработки питьевой воды.

Известен способ обработки воды гипохлоритом натрия, получаемым на месте его потребления с использованием в качестве исходного сырья для электролиза природных растворов хлорида натрия, например подземных минерализованных вод или морской воды. При этом электролиз осуществляют в

электролизере непроточного режима [2]. Корпуса электролизеров обычно изготавливают бетонными, стальными и из пластика. Однако морская вода не может быть использована без предварительной очистки для производства гипохлорита натрия, пригодного для обработки питьевой воды, в силу своей загрязненности, что обуславливает повышенные расходы на обработку воды. Использование же природных подземных растворов хлорида натрия, в частности подземной минерализованной воды, для получения гипохлорита натрия к настоящему времени не имеют практического применения из-за отсутствия экономичной технологической схемы [3].

Для производства гипохлорита натрия применяют бездиафрагменные электролизеры периодического или непрерывного действия, рассчитанные на электролиз концентрированных растворов, содержащих не менее 15 г/л хлорида натрия. Использование электролизеров периодического действия усложняет технологическую схему обработки воды вследствие дополнительного контроля параметров выходного продукта, поэтому более предпочтительно использовать электролизеры непрерывного действия. В диафрагменных электролизерах диафрагмы изготавливают из натуральных материалов тканей (бельтинг, войлок, шерсть) или используют искусственные (нейлон, капрон, стекловолокно, стеклоткань, резина микропористая).

Основой конструкции диафрагменного электролизера является стальной корпус-катод в виде прямоугольной обечайки без дна и крышки. По его периметру у стенок (внутри корпуса) расположено катодное пространство, отделенное от центральной части, где находится анодное пространство, стальной сетчатой перегородкой, служащей катодом. Большинство современных конструкций имеют гребенчатые, или иначе пальцевые катоды. У них к двум противоположным стенкам корпуса с внутренней стороны приваривают (у отечественных электролизеров) или прибалчивают (например, у электролизеров фирмы

«Хукер», США) металлические каркасы с большим вылетом от стенки. Всю систему каркасов обтягивают сеткой, в результате чего образуется гребенчатая сетчатая перегородка в виде ряда полых катодных пальцев. Пальцы отдалены один от другого так, чтобы поместить между ними аноды и оставить еще расстояние, нужное для циркуляции электролита и размещения диафрагмы. Полости внутри катодных пальцев соединены с полостью по внутреннему периметру корпуса и образуют общее катодное пространство. Для вывода католита и водорода из катодного пространства в стенки корпуса врезаны штуцера: нижний для католита, верхний для водорода. Верх электролизера перекрыт крышкой: в более старых конструкциях из бетона, в современных – из стеклопластика или же из гуммированной стали. На верхнем обресе корпуса укреплены детали для ее уплотнения. В крышке есть отверстия для отвода хлора, подачи рассола, установки приборов. Снизу корпус соединен через электроизоляционную прокладку с анодной частью электролизера – анодным комплектом. Аноды в анодном комплекте установлены рядами в полном соответствии с расположением катодных пальцев в корпусе и закреплены в нем. В ряде зарубежных электролизеров графитовые аноды устанавливаются в чаше (бетонной или чугунной) и концы анодов в ней заливаются свинцом. В свинец закладывается конец медной шины, у которой другой конец выведен наружу и служит для присоединения внешней ошиновки. В отечественных конструкциях электролизеров не применяется свинцовая заливка анодов. Они крепятся с помощью механических устройств в стальном анодном корыте. Место крепления анодов заливается особой битумной композицией и поверх ее слоем бетона.

В Вологодском государственном университете разработана технологическая схема обработки природной минерализованной воды, включающая начальное и заключительное обеззараживание воды, предварительное фильтрование, подкисление, обратный осмос (при необходимости в три ступени) и ионный обмен. При разработке технологии стояла задача повышения эффективности очистки воды, а именно получение обеззараживающего реагента (гипохлорита натрия) экономичным, безреагентным методом. Согласно разработанной технологии получения обессоленной, питьевой воды, бактериальную обеззараживающую обработку исходной воды и, при необходимости, дезинфекцию ионообменных материалов проводят гипохлоритом натрия, полученным электролизом из части исходной сырой воды, прошедшей предварительную фильтрацию с целью очистки от грубых механических примесей и взвеси. При этом часть минерализованной отфильтрованной воды первоначально по обводной линии закачивают в резервуар-усреднитель, из которого обеспечивают самотечную ее подачу в электролизер с заданным расходом и концентрацией. При этом электролиз осуществляют в проточном режиме.

Данная схема очистки природной и морской вод имеет возможность применения при строительстве очистных сооружений водопровода, где имеется артезианская скважина с минеральной водой, либо на побережье моря, где необходима чистая питьевая вода. Схема очистки может быть реализована для мобильных очистных сооружений водопровода контейнерно-модульной конструкции. Преимуществом контейнерных укомплектованных очистных сооружений является возможность их передвижения с места на место и транспортировки в труднодоступные места, вдали от места их сборки.

Технологическая схема очистки питьевой воды, включающая строительные системы и конструкции аппаратов, представлена на рисунке 1. Исходная природная минерализованная вода (1) насосом (2) подается на предварительное фильтрование на фильтр предварительной очистки (3). Затем исходную воду (1), содержащую минеральные соли, разделяют на два потока: основной и обводной. Основной поток подвергают подготовке по следующей схеме: обеззараживание через хлоратор (7) гипохлоритом натрия, полученным в электролизере (5) из обводного потока исходной воды, снижение рН через подкислитель (8), подача воды насосом высокого давления (9) на обратноосмотические установки при необходимости в одну, две или три ступени (10, 11, 13), ионитовое фильтрование (15). Отвод грязной воды осуществляется через дренаж (12). Обводной поток (часть исходной минерализованной воды) по обводной линии направляют в резервуар-усреднитель (4), из которого обеспечивают самотечную подачу воды в электролизер (5) с заданным расходом и концентрацией. Электролизер применяется для получения раствора гипохлорита натрия, дозируемого дважды в основной поток исходной обрабатываемой воды, а также для обеззараживания обводного потока, проходящего через электролизер. Электролиз разрушает растворенные в воде примеси, продукты распада которых задерживаются при дальнейшей очистке. Образующийся при электролизе гипохлорит натрия поступает в накопительную емкость (6), откуда дозируется для предварительного обеззараживания в основной поток исходной воды при помощи хлоратора (7) перед обратноосмотическими установками и для повторного хлорирования в резервуар сбора пресной воды (14). При необходимости образующийся при электролизе гипохлорит натрия может использоваться для дезинфекции ионообменной фильтрующей загрузки, подаваемый насосом-дозатором (21) в ионитовый фильтр (15) (рис. 2). Сбор воды после ионитового фильтра (15) осуществляется в резервуаре для глубоко обессоленной воды (16), откуда насосом (2) по трубопроводу (17) подается потребителю. Вода после промывки и дезинфекции загрузки ионитового фильтра отводится по трубопроводу (20). Все детали ионитового фильтра должны быть изготовлены из пластика, допущенного к контакту с пищевыми продуктами.

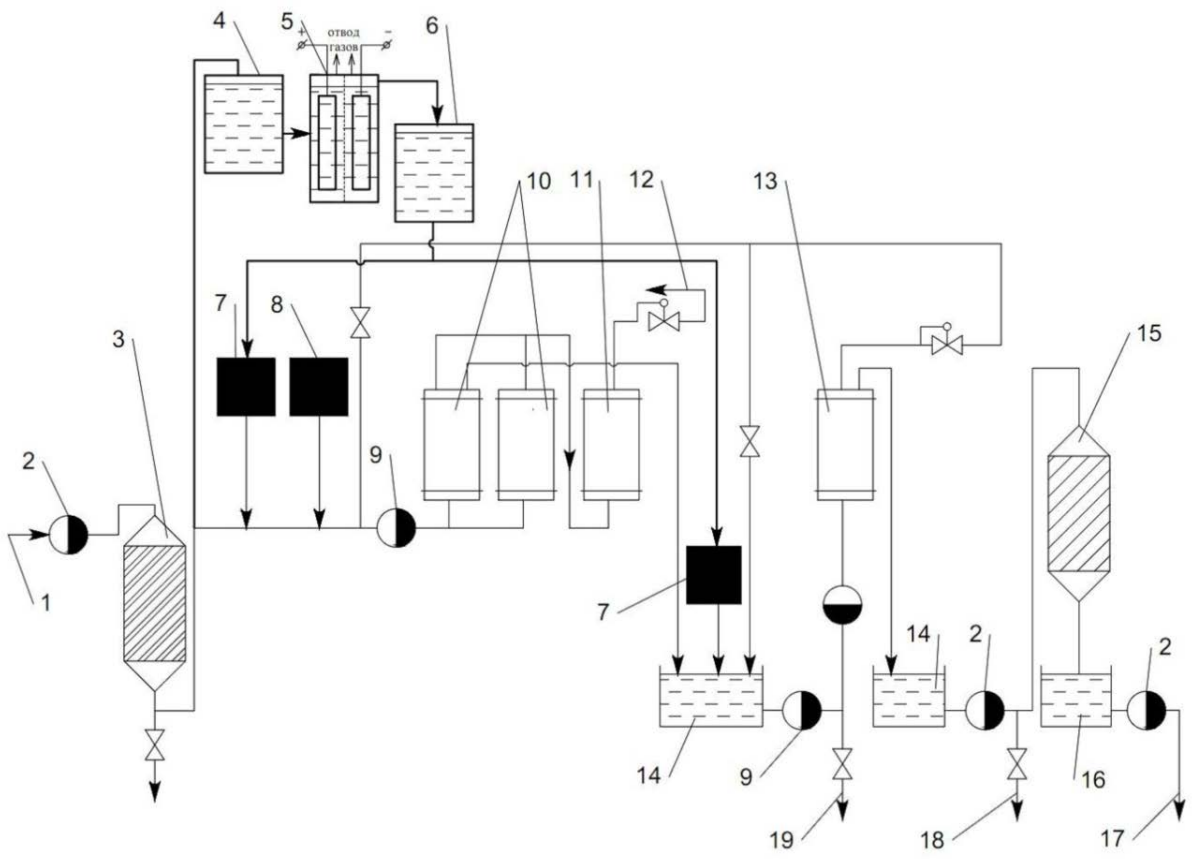


Рис. 1. Технологическая схема обработки природной высокоминерализованной воды

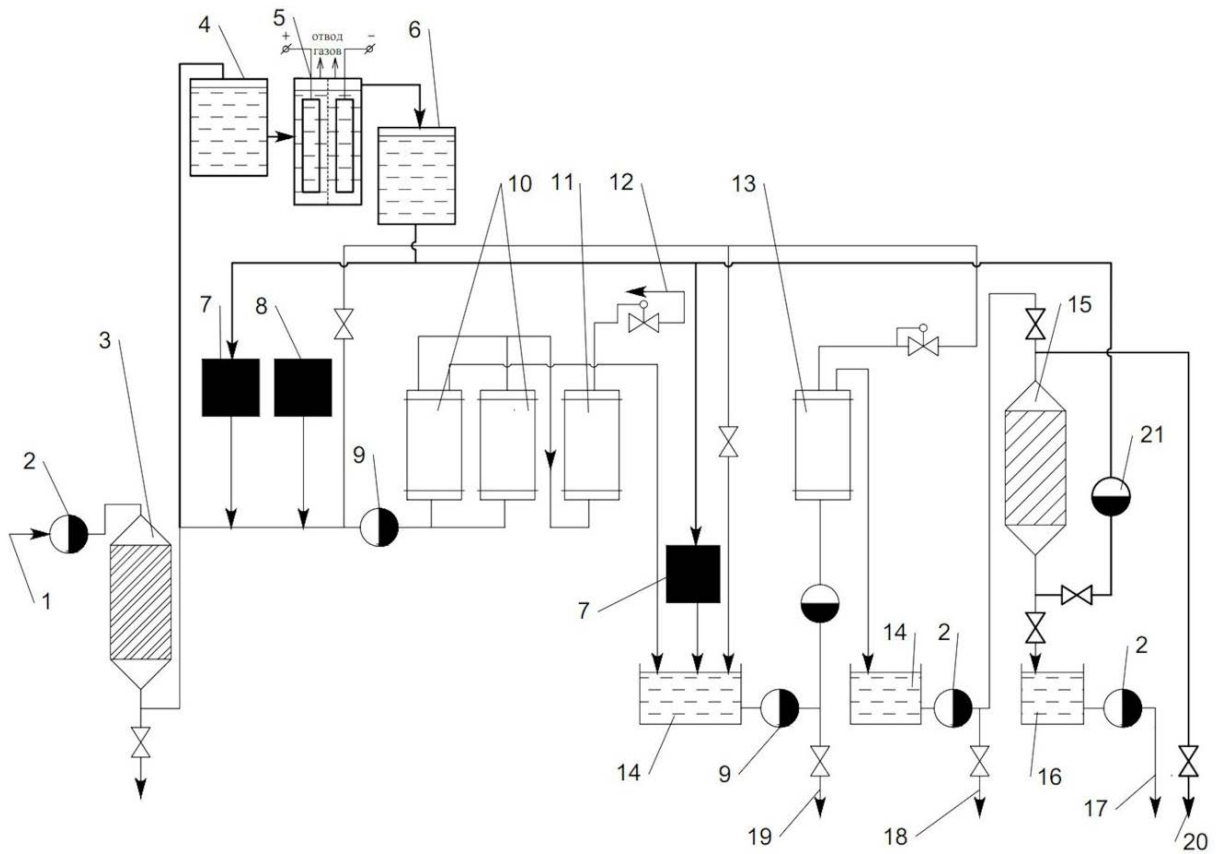


Рис. 2. Технологическая схема обработки природной высокоминерализованной воды, включающей дезинфекцию ионита

В данной работе предложены следующие материалы для изготовления электролизера: конструкционный (сталь) и футеровочный (пластик). Корпус электролизера изготавливают из нелегированной стали СТ. 3 (или Ст. 30). Должна быть проведена футеровка для защиты от коррозии корпуса. Для футеровки пластическая масса наносится на сталь. В качестве футеровочного материала авторы рекомендуют использовать винипласт, полипропилен, полиэтилен, фторопласт, свинец, пластикат из перхлорвинилового смолы, резину или эбонит. Электролизер для получения хлора и щелочи изнутри не футеруется, т.к. корпус поляризован катодно (катодная защита), но такой корпус требует наружной защиты и теплоизоляции. С этой целью корпус гуммируют или покрывают хлорвиниловыми смолами.

Для удаления газообразных продуктов в данной технологии следует применять вентиляционные отсосы, газосборные зонты и колокола. В каждом конкретном случае выбор типа отсоса определяется требованиями к санитарно-гигиеническим условиям проведения процесса очистки и конструкцией оборудования. В данной технологической схеме следует применять отсосы с вертикальной щелью всасывания, изготовленные из углеродистой или нержавеющей стали, винипласта, полипропилена.

Для регулирования скорости воздушного потока во всасывающей щели отсоса следует предусматривать шиберные устройства.

При монтаже очистных сооружений водопровода насос (2) может устанавливаться прямо в скважине с минеральной водой либо в водозаборе в море, если схема будет применяться для морской воды. Резервуар (14) может быть заглублен в землю и находится вне контейнерно-модульной конструкции для экономии места. Если установка очистных сооружений выполняется в регионах с преобладанием низких температур, то заглубление необходимо обеспечить ниже глубины промерзания.

При эксплуатации ионообменных установок возникают осложнения, обусловленные зарастанием внутренних пор ионообменного материала (особенно на анионитах) и возможным появлением колоний микроорганизмов, забивающих загрузку (особенно на карбоксилированных смолах). Поэтому необходимо использовать гипохлорит натрия для дезинфекции ионообменных материалов во время их регенерации. При этом дезинфекционные и обеззараживающие свойства зависят от концентрации гипохлорита натрия, используемой для такой обработки. Предварительное хлорирование гипохлоритом натрия перед очисткой целесообразно применять как средство улучшения качества воды в период фильтрования. Под воздействием гипохлорита окисляются различные вещества и микроорганизмы. Гипохлорит действует очень быстро и энергично в течение первой-второй минуты после добавления и в воде на длительное время создается устойчивое остаточное содержание хлора.

Приготовленную таким образом воду направляют потребителю. Поскольку подземная вода одного месторождения имеет постоянные физико-химические характеристики: химический состав (в том числе концентрацию хлорида натрия), температуру, давление,

а также благодаря проточному режиму электролиза при самотечной подаче минерализованной воды на выходе электролизера будет образовываться раствор гипохлорита натрия заданной концентрации, пригодный для употребления без дополнительного контроля. При этом отпадает необходимость в специальном контрольном оборудовании, упрощается обслуживание станций водоподготовки, что удешевляет весь способ обработки воды гипохлоритом натрия.

В разработанной технологии получения как пресной, так и полностью обессоленной воды обеспечивается обеззараживание воды переменного состава с широким диапазоном содержания исходных хлоридов, включая воду морскую (перенасыщенные растворы со средним содержанием хлоридов 19–20 г/л), загрязненную антропогенными примесями.

По сравнению с известными способами и устройствами, предлагаемый способ следует признать новым, т.к. он позволяет при подготовке воды производить и использовать гипохлорит натрия непосредственно на месте добычи исходной минерализованной воды, без применения товарных реагентов, причем источником получаемого раствора гипохлорита натрия является собственно сама исходная вода. При этом отпадает необходимость в специальном контрольном оборудовании, упрощается обслуживание станций водоподготовки, что удешевляет весь способ обработки воды гипохлоритом натрия. Данный способ получения питьевой и обессоленной воды прост в аппаратном оформлении, позволяет повысить эффективность очистки высокоминерализованной воды, содержащей антропогенные примеси, и ее качественные показатели экономичным ресурсозаменяющим, безреагентным методом.

Таким образом, в данной работе представлено строительно-конструкционное и аппаратное оформление новых технологических схем обработки высокоминерализованной воды, а предложенный новый способ подготовки питьевой воды из соленой путем многостадийной обработки является ресурсосберегающим и обеспечивает показатели качества воды, предусмотренные санитарными правилами и нормами [4, 5]. Предложенные решения на основе конструкционных материалов могут быть применены как для строительства передвижных очистных сооружений водопровода, так и для стационарных.

Литература

1. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Учебное пособие. В 3 томах. Том 2. Очистка и кондиционирование природных вод / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва : АСВ, 2010. – 397 с.
2. Медриш, Г. Л. Оборудование и приборы для обеззараживания воды. Водоснабжение и санитарная техника / Г. Л. Медриш. – Москва : Стройиздат, 1993. – № 2. – С. 7–8.
3. Пчельников, И. В. Совершенствование технологии производства обеззараживающего реагента – гипохлорита натрия электролизом морской воды : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пчельников Игорь Викторович. – Волгоград, 2015. – 24 с.

4. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий : Постановление Главного государственного

санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – Москва : Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2021. – 111 с.

L.I. Sokolov, V.A. Silinsky
Vologda State University

BUILDING SYSTEMS OF NEW TECHNOLOGY FOR OBTAINING DRINKING WATER FROM SALT WATER BY MULTI-STAGE TREATMENT

The building systems and structural materials of a new technological scheme for multi-stage processing of salty natural water during the construction of water treatment facilities are presented. The existing building structures and apparatus for the implementation of water treatment methods, their advantages and disadvantages have been analyzed. The proposed scheme includes the possibility of installing facilities for the treatment of waters with a high content of mineralization, and sea water, to obtain drinking fresh demineralized water. The possibility of disinfection of ion-exchange materials with sodium hypochlorite obtained by electrolysis from part of the original sea water is shown.

Water treatment scheme, treatment facilities, mineral water, sea water, electrolysis, disinfection.