

УДК 628. 337.621. 36

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД СИСТЕМ ГВС С МЕМБРАННЫМ БЛОКОМ В СОЛНЕЧНО-ВОДОРОДНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРИАРАЛЬЯ

Джунусова Ляззат Рысхановна

преподаватель

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы (Казахстан)

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Приведен обзор существующего положения, иллюстрирующий острую необходимость продвижения мембранной технологии для переработки стоков в техногенной зоне Приаральского региона. Рассмотрена работа и получены результаты экспериментального исследования показателей качества на основе реверсного электродиализного аппарата, подтверждающие ее работоспособность и показавшие эффективность переработки сточных вод для малой энергетики и систем теплоснабжения, в комбинированной водоподготовительной установке.

Комплекс снабжен гелиоустановкой, работающей на опреснение воды, а также дополнительным энергогенерирующим контуром, обеспечивающим провальным режим (ночное время, пасмурная погода), функционирующим в цикле аккумуляирования избыточной электроэнергии путем накопления водорода в гидридных аккумуляторах в режиме электролиза чистой воды. В провальные периоды генерация необходимой электрической энергии для опреснения и диализной очистки осуществляется водородным твердотельным топливным элементом.

Для обеспечения устойчивой работы дополнительного контура в периоды внеплановой энергонагрузки при затянувшемся провальном периоде используется реакционный блок, в котором осуществляется экзотермическая реакция алюминиевого порошка (непассивированная пудра) с водой с выделением водорода. Дисперсный алюминий нарабатывается на комплексе в процессе электродиализа при переработке сточных вод Сыр-Дарьи, богатых алюминием по специальной технологии удаления окисной пленки с упаковкой в картриджи в инертной среде.

Ключевые слова: солнечная гелиоустановка; водородный твердотельный топливный элемент; водородная энергетика; опреснение; электродиализ; мембрана.

WASTEWATER HOT WATER SYSTEMS WITH THE MEMBRANE UNIT IN SOLAR-HYDROGEN IN A DESALINATION OF ARAL SEA PLANT

Junussova Lyazzat Ryskhanovna

lecturer

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
Almaty (Kazakhstan)

Abstract. A review of the current situation, illustrating the urgent need to promote membrane technology for processing waste water in man-made area of the Aral Sea region. We consider the work and obtained results of experimental studies of quality indicators based on reverse electro dialysis system, confirming its performance and showed the effectiveness of wastewater treatment for small-scale power and heat supply systems, water treatment plants in the combined.

The complex is equipped with a solar thermal system, working on desalination, as well as additional energy generating circuit providing a failed mode (night, cloudy), functioning in the cycle of accumulation of excessive power by accumulating hydrogen in hydride batteries in the mode of pure water electrolysis. In failing periods required electric power generation for desalination and purification of dialysis performed solid-state hydrogen fuel cell.

To ensure stable operation of the additional circuit during periods of unscheduled energonagruzki disastrous if prolonged period used the reaction unit in which ouschestvlyaetsya ekzoterimicheskaya reaction of aluminum powder (unpassivated powder) with water to produce hydrogen. The particulate aluminum produced at the complex during electro dialysis at wastewater treatment Syr Darya, rich in aluminum with special technology to remove the oxide film cartridges packed in an inert atmosphere.

Key words: solar power plant; a solid-state hydrogen fuel cell; hydrogen energy; desalination; electro dialysis membrane.

Введение. Решение важнейших экологических задач каждого отдельного региона можно успешно решить лишь с учетом климатических, энергетических и экологических особенностей региона [6].

Основным отличием известных устройств опреснения и очистки является высокий уровень энергопотребления.

В данной работе оптимально решена задача энергообеспечения комплекса с применением ВИЭ (солнечная энергетика) и широко распространенного продукта диализа местных стоков – дисперсного алюминия, используемого в качестве энергогенерирующего компонента в реакции дисперсный алюминий-вода.

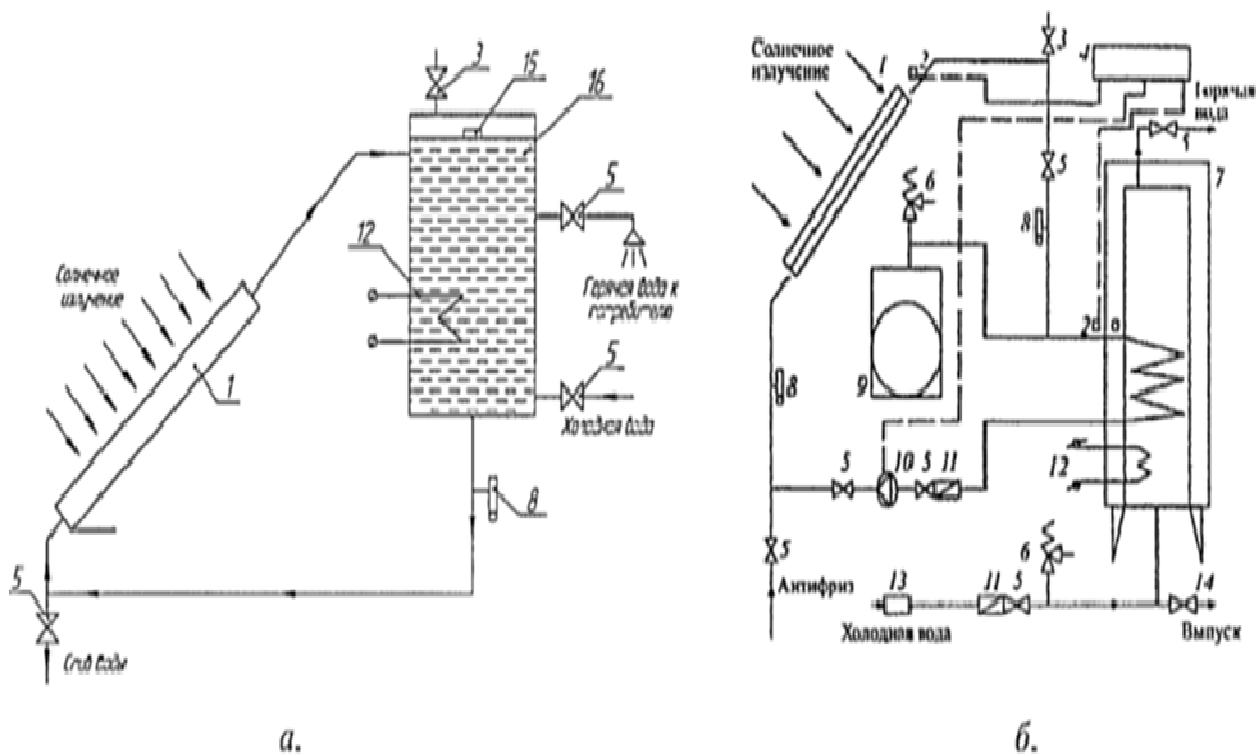
Рассматривается возможность и создания энергетических установок для опреснения соленых вод с помощью термоядерного реактора-опреснителя, что может стать реальностью уже в 20-е годы XXI века.

Исходя из достаточно обнадеживающих результатов исследований в области «водородных технологий», на которых базируется, в частности, и развитие термоядерной энергетике, считается возможным и в определенной степени существует возможность решения проблем опреснения и концентрирования сточных-трапных вод из пароводяного контура, за счет реализации этих технологий.

В России общая площадь эксплуатируемых гелиоустановок не превышает 10 тыс. м. Из них большая часть (7 тыс. м) находится в Краснодарском крае и служит в основном для горячего водоснабжения [1] в виде отдельных модулей, либо в виде гелио-топливных котельных в которых предварительный нагрев теплоносителя осуществляется при помощи солнечных коллекторов.

Самая простая упрощенная схема по конструкции – одноконтурная сезонная солнечная установка ГВС приведена на рис. 1а. Расчетная температура нагрева воды здесь составляет 50-60 °С, что достаточно для обеспечения большинства бытовых технологических режимов. Кроме того, эксплуатация установок при указанной температуре нагрева воды снижает

вероятность покрытия трубопроводов продуктами накипеобразования, которое более интенсивно происходит при температурах от 70 до 90 °С [1].



1 – солнечные коллекторы; 2 – температурные датчики; 3 – воздушный клапан; 4 – блок автоматического регулирования; 5 – краны; 6 – предохранительные клапаны; 7 – водонагреватель; 8 – термометры; 9 – расширительный сосуд; 10 – циркуляционный насос; 11 – невозвратный клапан; 12 – электронагревательный пиковый элемент; 13 – водозаборник; 14 – выпускной клапан; 15 – регулятор уровня; 16 – бак-аккумулятор.

Рисунок 1. Схемы солнечных установок ГВС: одноконтурная с естественной циркуляцией (а) и двухконтурная с принудительной циркуляцией (б)

Для догрева воды до технологической нормы в холодное время года используется пиковый электронагреватель 12 или иной общепринятый источник тепла. Из схемы видно, что установка может функционировать как обычная электрическая водонагревательная установка или работать на природном газе, твердом топливе и др. Наличие же гелиоконтура, заполненного незамерзающей жидкостью, позволяет в любое время года использовать энергию солнца и экономить традиционные виды топлива.

Первоначальные затраты на строительство таких установок будут выше, чем на сооружение традиционных водонагревательных систем, но очевидная экономия энергоресурсов в теплое время года позволяет говорить о целесообразности их применения.

Развитие мембранных технологий водоподготовки для теплоэнергетической установки в условиях Приаральского региона – трансграничных территорий республик Узбекистана и Казахстана имеют особое значение. Это связано, во-первых, со спецификой источников водоснабжения, качество воды в которых существенно отличается от показателей, характерных для других более водообеспеченных регионов, во-вторых ТЭС и системы теплоснабжения, эксплуатируемые в Приаралье, удалены от основных поставщиков оборудования, реагентов, комплектующих материалов и других, что приводит к существенному повышению эксплуатационных расходов на ВПУ [5].

Как показывает анализ работ по оптимизации процессов переработки сточных вод ВПУ, основное внимание исследователей сосредоточено на совершенствовании традиционных химических технологий водоподготовки. Основные виды технологий водоподготовки, применяемых на теплоэнергетических установках, основаны на использовании реагентов и дорогостоящих расходных ионообменных фильтрующих материалов для осуществления процессов осветления исходной воды, обессоливания воды, коррекционной обработки теплоносителя теплоэнергетической установки.

К настоящему времени уже накоплен достаточный объем знаний в области мембранных и других безреагентных технологий водоподготовки, процессов обработки теплоносителя на основе рециклинга, применение которых позволяет перейти на качественно новый уровень построения технологических систем в современных ВПУ [4].

Все способы обработки воды на ВПУ технологически связаны и поэтому их использование зависит от вида теплоэнергетической установки и

места их применения в тепловой схеме при повторном использовании в цикле пароводяного тракта.

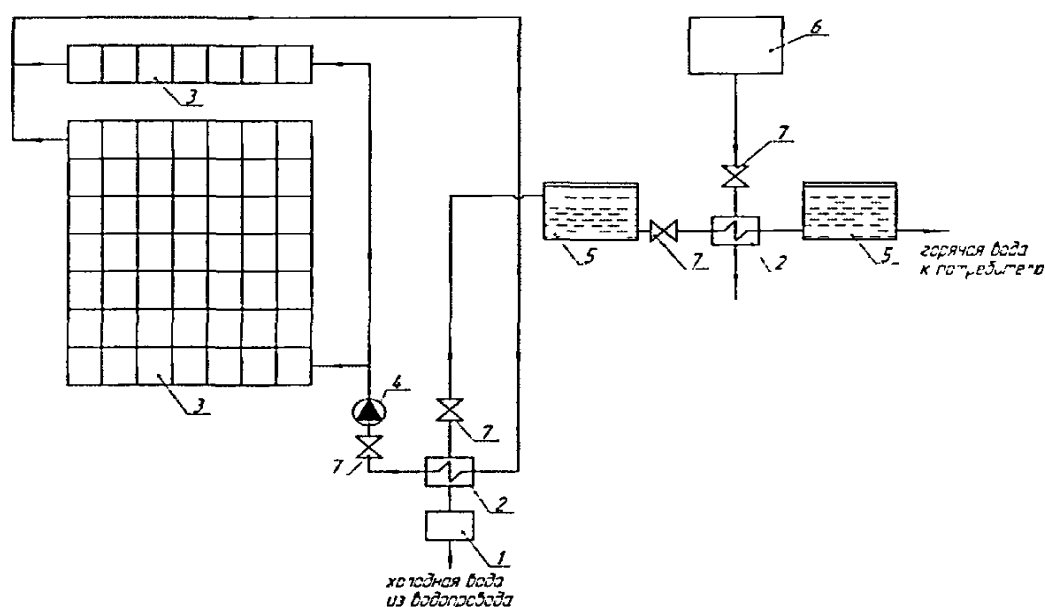
Количество технологий, применяемых для обработки воды на теплоэнергетических установках в Приаральском регионе невелико, в структуре ВПУ используются простое сочетание последовательно соединенных аппаратов, обеспечивающих удаление из воды соответствующих видов примесей на каждой ступени обработки. При этом затруднено их комбинирование, внедрение циркуляционных систем, рециклинга среды, что осложняет оптимизацию схем ВПУ. Согласно существующим исследованиям, улучшение известных технологий водоподготовки на ТЭУ сводится к переработке стоков ВПУ или выбору рациональной схемы обработки каждого потока теплоносителя [2].

При высокой минерализации исходных вод Приаральского региона, в технологических схемах подготовки воды применяемых в большой и малой энергетике к настоящему времени нашли широкое применение методы, натрий-катионирования или умягчения. Применение данных «устаревших» схем, очевидно, будет расширяться, в связи с необходимостью повышения надежности работы теплофикационных систем, однако их использование сопряжено со значительными потребностями реагентов поваренной соли для регенерации фильтров при удельном расходе на вытеснение поглощенных катионов жесткости составляет 3-5 г-экв/г-экв, которая сбрасывается в виде регенерационных растворов в открытые водоёмы [1].

Примером подобного рода установки может служить солнечно-топливная котельная представленная на рисунке 2. Солнечные коллекторы площадью 326 м (340 шт.) размещены следующим образом: 98 – на кровле котельной и 242 – на четырех навесах вблизи здания котельной. Ориентация коллекторов - южная, угол наклона к горизонту – 45°, режим работы – сезонный: апрель – октябрь.

Данная гелиоустановка выполнена по двухконтурной схеме, эксплуатационное КПД гелиоустановки 54 %.

Схема трубопроводов данной гелиоустановки предусматривает следующий режим работы. Водопроводная вода после прохождения через фильтры, в которых снижается до нормативных значений ее жесткость, подогревается теплом гелиоустановки в теплообменнике и поступает в бак-аккумулятор. Утром следующего дня разжигается один из котлов типа «Братск-1 Г», теплоноситель от которого подается в теплообменник. Горячая вода из бака-аккумулятора, нагретая накануне теплом гелиоконтур, насосом подается в теплообменник, где догревается теплоносителем котла и поступает во второй бак-аккумулятор, из которого осуществляется разбор горячей воды на потребление. Продолжительность работы котла – 1 ÷ 1,5 ч в сутки [2]. Уменьшение расхода органических топлив на фоне постоянного роста стоимости природных топливно-энергетических ресурсов и уменьшения их запасов в мире – существенные доводы в пользу солнечного ГВС.



1 – Накатионитовые фильтры; 2 – теплообменники; 3 – солнечные коллекторы; 4 – циркуляционный насос; 5 – баки-аккумуляторы; 6 – котел; 7 – запорные вентили.

Рисунок 2. Принципиальная схема гелиоустановки солнечно-топливной котельной

Цель состоит в исследовании возможности переработки регенерационных растворов после водоподготовительной установки с использованием мембранного электродиализного аппарата с целью рационального и экономичного подхода применительно к Приаральскому региону, при использовании современных способов – мембранных аппаратов в схеме водоподготовительных установок на базе малых котельных, не требующих дополнительных расходов на реагенты. Кроме того, оптимально решается задача энергообеспечения комплекса с применением ВИЭ и продукта диализа – дисперсного алюминия, используемого в качестве энергогенерирующего компонента.

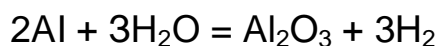
Энергосистема комплекса (гелиоустановка – электролизная установка – гидридный аккумулятор – реакционный блок – водородный твердотельный топливный элемент). Энергосистема комплекса включает в себя гелиоустановку для опреснения воды и получения электроэнергии.

Излишки электроэнергии преобразуются в водород в процессе электролиза и запасаются в гидридном блоке. В провальные периоды комплекс в автоматическом режиме использует водород для выработки электроэнергии на твердотельном водородном топливном элементе. Для обеспечения дополнительной электроэнергии применяется дополнительный реакционный блок.

Реакционный блок: алюминиевая пудра + вода. Активный, т.е. не покрытый оксидной пленкой, алюминий при контакте с водой реагирует с выделением водорода и образованием $\text{Al}(\text{OH})_3$ или Al_2O_3 , при этом весь исходный алюминий превращается в указанные продукты. При комнатной температуре реакция протекает с небольшой скоростью. В интервале температур 30-70°C в газообразных продуктах преобладает $\text{Al}(\text{OH})_3$. При температуре, превышающей 80-90 °C, реакция переходит в режим самоускорения и основным ее продуктом становится Al_2O_3 . Если химическая реакция будет протекать в соответствии с уравнением:



тогда, тепловой эффект реакции на 1 кг этой смеси составит 5151 кДж и образуется 0,415 м³ газообразного водорода. Если же химическая реакция будет протекать в соответствии с уравнением:



тогда на 1 кг смеси выделится 7152 кДж тепла и 0,622 м³ водорода.

Гидридный аккумулятор. Наиболее перспективным методом хранения и транспортировки химически связанного водорода является металлогидридный способ в форме гидридов металлов и интерметаллических соединений [7-12].

Основными достоинствами этого метода являются высокие объемные плотности атомов водорода в матрице металла, широкий диапазон рабочих давлений и температур, селективность процесса поглощения водорода, значительные изменения физических свойств металла при его насыщении водородом, каталитическая активность и целый ряд других особенностей.

Обратимая реакция образования металлогидрида осуществляется в установке прямым взаимодействием гидридообразующего металла (интерметаллида) с газообразным водородом.

Процесс абсорбции водорода по реакции включает в себя: транспорт молекул водорода к поверхности материала, их физическую адсорбцию, диссоциацию адсорбированных молекул Н₂ и переход атомов водорода в объем материала с образованием твердого раствора внедрения (α-фаза) и далее – гидрида (β-фаза). Концентрация атомов водорода в α-фазе невелика, и они статистически распределены по пустотам металлической матрицы, сохраняющей исходную структуру. Напротив, β-гидрид характеризуется высоким содержанием водорода и упорядоченным расположением его атомов. При этом структура металлической матрицы может претерпевать существенные изменения или сохранять свою исходную геометрию с увеличением расстояния между атомами металла [13].

Интерметаллические гидриды имеют подходящую для прикладного использования кинетику поглощения/выделения водорода в мягких условиях и поэтому в наибольшей мере подходят для создания систем хранения водорода. Помимо водородоемкости, важной для практики характеристикой систем металл–водород являются их термодинамические свойства. Они определяют условия (температура, давление водорода, энергозатраты), при которых могут быть реализованы процессы поглощения/выделения водорода.

К низкотемпературным относят металлогидриды с равновесным давлением водорода выше атмосферного при температурах до 100 °С. Эта группа включает в себя несколько классов гидридов ИМС (AB_5 , AB_2 , AB), а также псевдобинарные гидриды некоторых ОЦК-сплавов на основе ванадия и системы Ti–Cr. Особенности данных материалов – низкие (< 45 кДж/моль H_2) тепловые эффекты реакции и высокие скорости сорбции/десорбции водорода при умеренных давлениях и температурах. Данные материалы пригодны для создания систем компактного и безопасного хранения водорода, характеризующихся простотой эксплуатации, технологической гибкостью и низкими энергозатратами. Вместе с тем, низкотемпературные металлогидриды имеют слишком низкую водородоемкость в пределах 1,5–2 масс.%, а потенциальный максимум (для новых ОЦК-сплавов на основе Ti–Cr составляет 2,5-3 масс. %). Важное преимущество металлогидридного метода хранения водорода – высокая безопасность. Действительно, при комнатной температуре давление газообразного водорода над большинством металлогидридов небольшое.

Получение водорода и алюминия из воды. В работе был проведен анализ по созданию новых конструкций ячеек с предельно низким электрическим сопротивлением и разработке нового метода электролитического выделения водорода совместно с легкими металлами из сточных вод. Задача успешной реализации водородной энергетики сопряжена с двумя группами проблем – это обеспечение молекулярной кинетики

применения водорода и получение водорода со стоимостью, сопоставимой с ценами на моторные топлива. При этом комплекс реализует процесс получения дешевого водорода, как попутного продукта производства лёгких металлов. В настоящее время мировая цена алюминия достигает 2500 USD за 1 тонну. Комплекс обеспечит по энергозатратам до 50 % целевого продукта – алюминия и до 50 % водорода, что позволит снизить затраты на опреснение, очистку воды, а также ее нагрев и позволит попутно получать алюминий и водород в больших количествах. При этом, себестоимость алюминия в сырьевых затратах уменьшится примерно в 3-4 раза, энергетические затраты уменьшатся примерно в 1,5-2 раза. Кроме того, в процессе функционирования реакционного блока будет нарабатываться в больших количествах дисперсный оксид алюминия для дальнейшего его применения в лакокрасочной промышленности (стоимость дисперсного алюминия чрезвычайно велика – до 20 долларов за кг). Авторам патента [14] удалось успешно выделить из водного раствора одновременно водород и алюминий с использованием капяющего галлиевого катода, что подтверждено патентом. Кроме того, ими были разработаны физико-химические основы физической химии водных растворов солей легких металлов. Определены такие свойства, как плотность, мольный объём, вязкость, удельная и эквивалентная электропроводность водных растворов солей легких металлов в широком диапазоне составов.

Водородный твердотельный топливный элемент. В комплексе применяются водородные твердотельные топливные элементы с мощностью – 5 кВт. Для проведения исследований по изучению свойств водородного твердотельного топливного элемента в условиях эксплуатации применялись топливные ячейки. Топливный элемент стабильно функционировал при условиях, близких к условиям эксплуатации (резко континентальный климат) (рис. 1, 2).

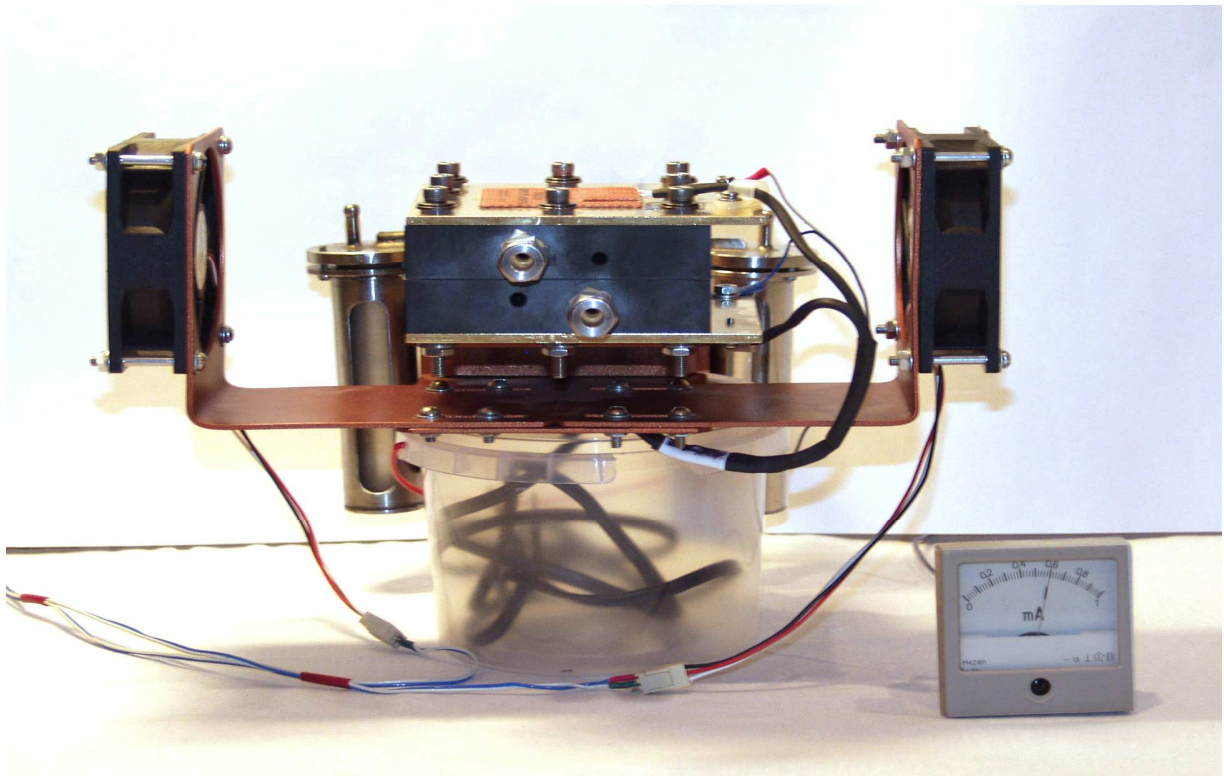


Рисунок 1. Министенд на основе исследовательской топливной ячейки



Рисунок 2. Министенд на основе исследовательской топливной ячейки и электролизера

Материалы и методы. Основным направлением работ в области защиты окружающей среды от сбросов засоленных стоков от ВПУ, является внедрение новых способов по предотвращению сбросов. На ВПУ в настоящее время, в основном осуществляется нейтрализация сбросов их обезвреживание после технологического процесса.

Регенерационные воды после фильтров собираются в баках для нейтрализации и затем сбрасываются в поверхностные источники или на шламоотвалы без какой-либо обработки. Анализ реальных и потенциальных возможностей повторного использования сбросных вод после ВПУ показывает, что их необходимо осуществлять по трем направлениями, характеризующимися индексами: индекс повторного использования или рециркуляции K_p , индекс сброса отходов K_c и индекс их переработки K_n . Значения каждого индекса изменяются от минимального до максимального уровней. При этом:

$$K_p = K_c \cdot K_n.$$

Индекс рециркуляции является критерием совершенства технологического процесса с экономической точки зрения. Индекс сбора K_c характеризует долю собираемых сточных вод, а индекс переработки K_n - долю сточных вод, переработанных тем или иным способом для обеспечения их повторного использования.

Общий вид комбинированной водоподготовительной установки производительностью 1 м^3 представлен на рис. 3, который состоит из следующих блоков: 1 – блок предварительной очистки (УФУ); 2 – блок опреснения (ЭДИС); 3 – блок обеззараживания (УУФОВ).

Технологические характеристики мембранных модулей водоподготовительной установки представлены в таблице 1: степень обессоливания и удельные затраты электроэнергии на удаление г-экв/кг соли, изменяются в зависимости от рабочей плотности тока, минерализации, ионного состава, температуры исходной воды и от скорости воды в камерах обессоливания установки.



Рисунок 3. Общий вид комбинированной водоподготовительной установки

Таблица 1

Технические характеристики опытно-экспериментальной комбинированной водоподготовительной установки

Тип блока Характеристики	Ультрафиль- трационный модуль	Многокамерный электродиали- затор	Ультрафиоле- товое обезза- раживание
Производитель- ность по воде, д ³ /ч	100	100	100
Начальное солесо- держание, г/дм ³	10-20	6.0-3.0	микробы, виру- сы, простейшие.
Конечное солесо- держание, г/дм ³	90-100	0.5-1.0	100% обеззара- живание воды
Количество мем- бран/ячеек, шт.	6	80	1-УФ лампа
Пределы напряже- ния на электродах, Вт	–	110-180	36
Масса аппарата с блоком клапанов (с водой), кг.	35	20-0.5	13.5
Габаритные разме- ры аппарата, мм.	330 x 330 x 450	330 x 330 x 450	950 x 63 x 260
Потребление элек- троэнергии, кВт	0.5-2.5	0.9 на удаление 1 кг. соли	0.001-0.018

Результаты исследования. Испытания данной технологической схемы экспериментальной установки показали, что затраты электроэнергии на перенос ионов соли из камер обессоливания и концентрирования составляют 0,05 кВт.ч/г-экв, перенесенной соли при концентрировании рассола в камерах концентрирования до 8 %. Удельный поток ионов через поверхность ионитных мембран при этом составляет примерно 4 г-экв/ч·м². Для концентрирования растворов более рационально использовать уникальную технологию аппаратов реверсного шестистадийного электродиализа, например, аппараты ЭДИС-П 1000 фирмы «Эйкос» г. Алматы РК [1]. Установка представляет собой блок электродиализных кассет с переменной системой подачи электроэнергии, что обеспечивает и ее промывку в автоматическом режиме. Расход при прокачке раствора через камеры обессоливания и рассола целесообразно устанавливать 35-40 м³/ч. Необходимая площадь мембран и, соответственно количество аппаратов для переработки регенерационных растворов после ионитного фильтра определяется по формуле 1:

$$S = \frac{E \cdot V \cdot d \cdot (\varphi - 1)}{\varphi \cdot \Phi \cdot \tau} \quad (1)$$

где: E – рабочая емкость поглощения ионита, г-экв/м³;

V – объем загрузки в фильтре, м³;

d – удельный расход соли на регенерацию ионита, г-экв/г-экв;

φ – кратность разбавления регенерационного раствора в процессе регенерации;

Φ – удельный поток ионов на каждый м² поверхности мембран, г-экв/ч·м²;

τ – расчетная длительность процесса концентрирования, ч·м².

Количество электродиализных аппаратов для концентрирования умягченных регенерационных растворов – r определяется по формуле 2:

$$r = \frac{S \cdot m}{n \cdot S_m} \quad (2)$$

где: n – количество пар мембран в одном аппарате;

S_2 – рабочая поверхность одной мембраны;

m – количество фильтров в схеме водоподготовки.

Сопоставление затрат на умягчение воды в ионитных фильтрах по классической и бессточной технологии с использованием электродиализного концентрирования показывает, что стоимость обработки воды примерно одинакова [3].

Основным показателем экономической эффективности технологической схемы является исключение сброса солей в окружающую среду, что в общегосударственном масштабе для условий Приаралья дает экономию в размере 220200 тенге на каждые 100 м³/ч обработанной воды.

В электродиализных схемах обессоливания количество сбрасываемых солей равно количеству солей удаляемых из воды. Таким образом, эти схемы с экологической точки зрения гораздо чище ионитных схем обработки воды. Поэтому, основным направлением для схем ионитного обессоливания должно быть получение сравнительно высоких степеней обессоливания воды в электродиализных аппаратах до 90-95 % с получением остаточного солесодержания после них на уровне 30-50 мг/л. Применение электродиализных концентраторов позволяет резко сократить общее количество сбросов, поступающих при использовании относительно дорогой выпарной установки. Для обеспечения возможности более глубокого концентрирования солей в электродиализных аппаратах, решающих задачу обессоливания воды целесообразно предварительно, перед обессоливанием умягчение воды в ультрафильтрационной установке. При этом, повышается экономичность процесса удаления солей из воды, так как перенос катионов жесткости через мембраны сопровождается более высокими удельными затратами электроэнергии. В электродиализных концентраторах концентрирование солей осуществляется примерно до 130 г/л, таким образом, более рациональным является сбор сконцентрированных регенерационных растворов и использование дебалансного концентрата на водоподготовительных установках

малой энергетики, теплофикационных котельных. В этом случае концентрирование лучше осуществлять до соледержания концентрата 100 г/л, удельные затраты электроэнергии составят 0,04-0,05 кВт·ч/г-экв удаляемых солей. Удельные потоки ионов будут находиться в пределах 5-10 г-экв/ч·м². Установка эксплуатируется, перерабатывая концентрат с исходным содержанием солей около 4580 мг/дм³ до 550 мг/дм³. Капитальные и эксплуатационные затраты составляют менее чем 1 долл. / 1000 галл. воды. В то же время стоимость заменяемых запасных частей составляет 0,1 долл. / 1000галл. воды [1].

Результаты экспериментальных исследований обессоленной воды в электродиализном аппарате представлены на рисунках 5, 6.

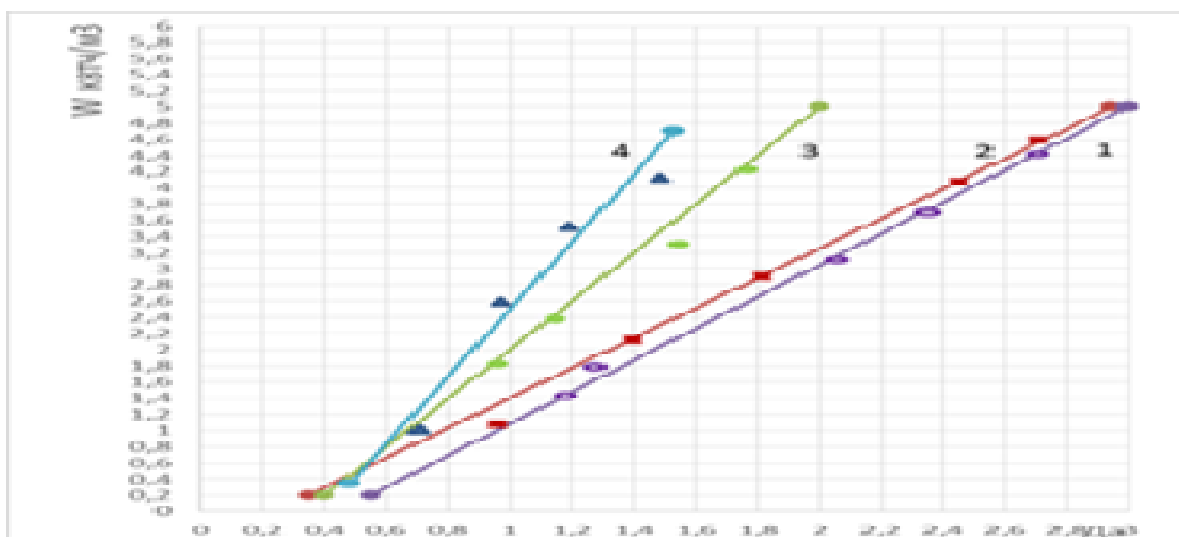


Рисунок 5. Удельные затраты электроэнергии на опреснения воды «W» в квтч/г-экв

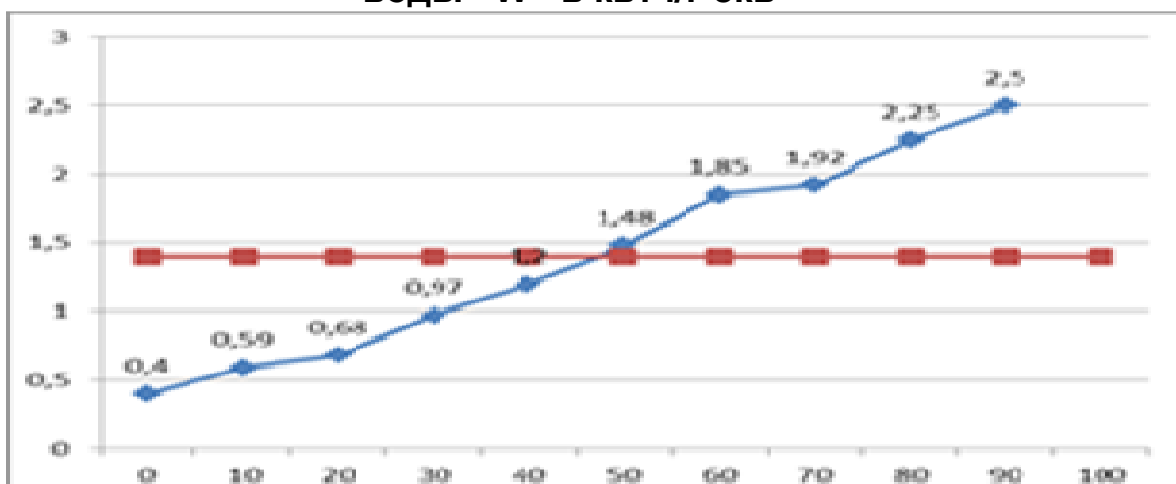


Рисунок 6. Зависимость между производительностью аппарата – Q дм³/ч и общей суммой TDS г/ дм³

Результаты анализа работы электродиализного аппарата

№	Элемент	Исходная вода (концентрат ООУ)	Исходная вода (концентрат ЭДИС)
1	Na ⁺	1430	184
2	Ca ⁺	147	6
3	Mg ⁺	9	1
4	K ⁺	0	0
5	Cl ⁻	878	16
6	SO ⁴⁻	2040	345
7	NO ⁴⁻	0	0
8	TDS	4579	553
9	SiO ₂	90	90
10	pH	6,1	4,4
11	Общий углерод	11,6	5,5

Выводы. Задача успешной реализации водородной энергетики сопряжена с двумя группами проблем – это обеспечение молекулярной кинетики использования водорода и получение водорода со стоимостью, сопоставимой с ценами на моторные топлива. При этом комплекс реализует процесс электролизного получения дешевого водорода, как попутного продукта производства лёгких металлов. В настоящее время мировая цена алюминия достигает 2500 USD за 1 тонну. Комплекс обеспечивает по энергозатратам до 50 % целевого продукта – алюминия и до 50 % водорода, что позволит существенно снизить затраты на опреснение, очистку воды, а также на ее нагрев и позволит попутно получать алюминий и водород в больших количествах. При этом, себестоимость алюминия в сырьевых затратах уменьшится примерно в 3-4 раза, энергетические затраты уменьшатся примерно в 1,5-2 раза. Кроме того, в процессе функционирования реакционного блока в качестве отходов будет нарабатываться в больших количествах дисперсный оксид алюминия для дальнейшего его применения в лакокрасочной промышленности (стоимость дисперсного оксида алюминия чрезвычайно велика – до 20 долларов за кг).

Список использованных источников

1. Пилат Б.В. Основы электродиализа. М.: Аввалон, 2004. 456 с.
2. Смагин В.Н., Щекотов П.Д. Подготовка воды для парогенераторов методом электродиализа и ионного обмена // Теплоэнергетика. 1973. № 5. С. 17-20.
3. Смагин В.Н., Щекотов П.Д., Дробот Г.К., Зачинский Г.А. Технико-экономическое обоснование комбинированной схемы подготовки воды для парогенераторов // Теплоэнергетика. 1975. № 5. С. 17-20.
4. Schexnalder S.J. Choosing membrane-based water treatment for advanced boiler makeup in the power industry // Presented at Power Gen Americas'93, Dallas, Texas. November 17-19. 1993.
5. Будаговский А.И. Некоторые водно-экологические аспекты проблемы Арала и Приаралья // Водные ресурсы. 1992. № 2 С. 22-38.
6. Гусев А.Л. Основные экологические проблемы Нижегородской области и пути перехода к водородной экономике // Альтернативная энергетика и экология. 2006. № 1. С. 13-24.
7. Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В., Яртысь В.А. Проблема хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумулялирования водорода // Российский химический журнал. 2006. № 6. С. 34-48.
8. Тарасов Б.П. Проблемы и перспективы создания материалов для хранения водорода в связанном состоянии // Альтернативная энергетика и экология. 2006. № 2. С. 11-17.
9. Bulychev B.M. Alumo- and borohydrides of metals: history, properties, technology, application // Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials / ed. by T.N. Veziroglu, S.Yu. Zaginaichenko, D.V. Schur, B. Baranowski, A.P. Shpak, V.V. Skorokhod. 2004. P. 105-114.
10. Sandrock G., Thomas G. The IEA/DOE/SNL On-Line Hydride Databases // IEA Task 12: Metal Hydrides and Carbon for Hydrogen Storage. 2001. P. 36-38.

11. Schlapbach L., Züttel A. Hydrogen-storage materials for mobile applications // Nature. 2001. V. 414. P. 353-358.
12. Bogdanović B., Brand R.A., Marjanovic A., Schwickardi M., Tölle J. Metal-doped sodium aluminium hydrides as potential new hydrogen storage materials // J. Alloys and Compounds. 2000. V. 302. P. 36-58.
13. Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В., Яртысь В.А. Проблема хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумулялирования водорода // Российский химический журнал. 2006. № 6. С. 34-48.
14. Пат. № 2.138.582 Российская Федерация / А.И. Бегунов. Способ получения алюминия. Приор. от 17.04.1997. Оpubл. 27.09.1999. Бюл. № 27.
15. Вербецкий В.Н., Митрохин С.В. Гидриды интерметаллических соединений – синтез, свойства и применение для аккумулялирования водорода // Альтернативная энергетика и экология. 2005. № 10. С. 41-61.