

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202392231 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.11.23(22) Дата подачи заявки
2022.02.09

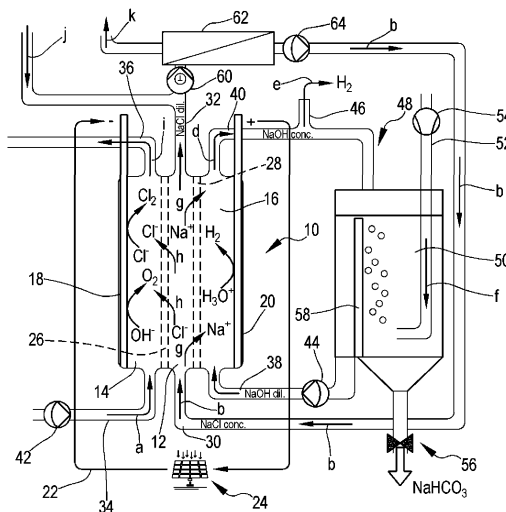
(51) Int. Cl. **C02F 9/00** (2006.01)
C02F 1/46 (2006.01)
C02F 1/461 (2006.01)
C02F 1/467 (2006.01)
C02F 1/469 (2006.01)
C02F 103/08 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
C02F 1/68 (2006.01)

(54) ОБЕССОЛИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХЛОРИДОВ В РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРАХ

(31) 102021000002963
(32) 2021.02.10
(33) IT
(86) PCT/IB2022/051149
(87) WO 2022/172166 2022.08.18
(71) Заявитель:
ДЖЕНИО СРЛ (IT)

(72) Изобретатель:
Кавалли Стефано, Тревизан Марко (IT)
(74) Представитель:
Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)

(57) Описаны устройство и способ для обессоливания растворов NaCl, в которых используется трехкамерный электрохимический элемент, разделенный соответствующими ионообменными мембранами, а именно, последовательность катодной камеры (16; 116), катионообменной мембраны (28; 128), центральной камеры (12; 112) для солевого раствора, анионообменной мембраны (26; 126) и анодной камеры (14; 114). Окисление OH^- и восстановление H_3O^+ с образованием OH^- и H_2 вызывает прохождение ионов Na^+ и Cl^- из центральной камеры в другие камеры, в результате чего снижается концентрация соли. Подача католита в катодную камеру может быть организована в контуре, в которую введен реактор (50) карбонизации для снижения концентрации NaOH и удаления CO_2 из атмосферного воздуха. При определенных условиях хлориды, поступающие в анодную камеру, подвергаются окислению, и образующийся в ней хлор реагирует с водой для получения HCl и HClO.



A1

202392231

202392231

A1

ОБЕССОЛИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И
ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХЛОРИДОВ В РАЗБАВЛЕННЫХ
РАСТВОРАХ

5

Область техники

Настоящее изобретение относится к обессоливающему устройству (установке) и к способу обессоливания для извлечения и обработки хлоридов для их полезного использования из растворов, содержащих хлор, из сточных вод промышленного производства, горных работ или систем очистки воды, включая морскую рапу (неограничивающий пример), для производства, например дезинфицирующих средств, или для удаления CO_2 из атмосферы.

Уровень техники

Уменьшение уровней хлоридов ниже величин, установленных для выпуска сточных вод в открытые водоемы (обычно порядка 1000 ppm) – это одна из главных проблем в области систем очистки воды, поскольку хлориды, в отличие от других элементов или соединений, таких как кальций, магний, сульфаты и т.д., не могут быть извлечены в системах физической и химической очистки с использованием слаборастворимых солей, оксидов, гидроксидов или флокулирующих агентов.

Однако соли хлора, т.е. хлориды, представляют собой одни из наиболее распространенных загрязняющих соединений сточных вод, возникающих в производственных процессах (в пищевой, текстильной, металлообрабатывающей отраслях, при гальванической обработке и т.п.), при горных разработках, извлечении нефти (гидроразрыв пласта) и последнее, но не менее важное, они проявляют активность в процессах обессоливания (опреснения) морской воды для получения питьевой воды для потребления человеком.

Наиболее распространенные современные способы снижения уровней хлоридов ниже предельных величин, установленных для возможности выпуска обработанной воды в открытые водоемы, существенно зависят от концентрации в ней хлоридов. Если уровни близки пороговому значению (<5000 ppm), то обычно такие сточные воды смешивают с другими сточными водами с более

низкой концентрацией хлоридов и полученную смесь подвергают химической и физической обработке. Для концентраций, превышающих 70000 ppm, единственно применимые технологии включают процессы испарения, которые обеспечивают возможность извлечения объема воды путем ее

5 концентрирования, пока не будет достигнуто насыщение (если это возможно), с последующей выгрузкой твердых солей хлора. Если концентрации находятся в диапазоне от 5000 до 70000 ppm, то способ обычно включает применение очистки с помощью осмотических мембран с последующим извлечением концентрированных остатков осмотической фильтрации.

10 Не приходится говорить, что ввиду высоких производственных расходов, включая расход энергии, связанных с процессами обратного осмоса и испарения, часто имеют место случаи выпуска недостаточно очищенных стоков со сфальсифицированными результатами их анализа или перенос, когда это возможно, производства в страны с недостаточными нормативами по охране
15 окружающей среды, которые разрешают выпуск таких стоков в открытые водоемы.

Другой способ, разработанный в начале 2000-х годов и предлагаемый на рынке заявителем под товарным знаком SMIT, является объектом Европейского патента EP 3250516 и предусматривает использование электрохимического
20 устройства для извлечения солей хлора, растворенных в водном растворе, в котором с помощью обратной реакции кислотно-щелочной нейтрализации обеспечивается водный раствор, содержащий соли хлора с пониженной концентрацией и два химических соединения, соляную кислоту HCl и щелочь.

Способ, раскрытый в вышеуказанном патенте, предусматривает использование
25 двух электродов, содержащих катализатор, который при подаче в элемент атмосферного кислорода и водорода, обеспечивает возможность осуществления двух химических реакций на поверхностях электродов, в результате чего на одной стороне получают ионы H^+ , а на другой стороне - ионы OH^- . В связи с принципом электрической нейтральности водных растворов увеличение
30 концентрации этих видов ионов в камере, содержащей два электрода, приводит к вытеснению заряженных ионов, содержащихся в обрабатываемом солевом растворе, через специальные анионообменные и катионообменные мембраны с их последующим удалением.

Несмотря на существенное достоинство этой технологии, связанное с тем, что можно химически обеспечить полезное использование обрабатываемых солевых растворов с последующим получением электрической энергии из задействованного электрохимического процесса, с этой технологией связано несколько нижеуказанных проблем.

Высокая стоимость катализаторов (таких как оксиды платины), используемых для изготовления электродов, означает высокие начальные расходы на строительство завода, что делает его применение возможным только в том случае, когда очищенные сточные воды требуют очень высоких затрат на их утилизацию. Получаемые растворы, как кислотные, так и щелочные, не могут быть получены с требуемой концентрацией, поскольку величина pH растворов должна поддерживаться на уровне более 1 для кислотного раствора и менее 13 для щелочного раствора.

Использование самопроизвольно начинающейся реакции не дает возможности регулирования скорости получения ионов H^+ и OH^- , поскольку этот процесс непосредственно определяется электропроводностью обрабатываемого солевого раствора. Этот процесс включает снижение скорости получения ионов по мере снижения содержания соли в обрабатываемом солевом растворе, в результате чего эта технология становится неконкурентоспособной в случае солевых раствором, содержащих хлориды в количестве менее 35000 ppm.

Наконец, необходимость подачи в элемент газообразного водорода требует, чтобы для установки, работающей по технологии SMIT, использовалась установка, обеспечивающая на месте производство водорода. Такая установка может быть выполнена с использованием технологии электролиза воды или риформинга ископаемых или не ископаемых углеводородов. Это не составляет трудностей в случае расположения установки в зонах рядом с городскими районами, однако проблемы возникают, если в зоне, в которой предполагается расположение установки, не обеспечивается организация постоянной подачи углеводородов.

Система обессоливания, описанная в публикации WO 2016/120717 A1, работает с диффузионными электродами, причем H_2 окисляется на аноде для формирования H^+ , и O_2 восстанавливается на катоде для формирования OH^- , чтобы получить питьевую воду из солоноватой воды.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является устранение вышеуказанных недостатков и предложение устройства и способа извлечения и полезного использования хлоридов в разбавленных растворах, в частности в солевых растворах с концентрациями хлоридов менее 35000 ppm и более 5000 ppm.

Целью изобретения также является предложение устройства и способа обработки растворов, содержащих хлориды, с низкими капитальными затратами и административными расходами, причем может обеспечиваться возможность полезного использования химически обрабатываемых соединений.

Другие цели и достоинства изобретения будут очевидными из нижеприведенного описания.

В первом аспекте изобретения цель достигается с помощью обессоливающего устройства, содержащего по меньшей мере один электрохимический элемент, содержащий:

а) анод, подходящий для обеспечения возможности электрохимической реакции окисления иона OH^- с последующим получением газообразного кислорода и высвобождением в растворе протонов H^+ , причем анод расположен в анодной камере, приспособленной для содержания или содержащей в качестве анолита кислый раствор;

б) катод, соединенный посредством электрического соединения с анодом и приспособленный для обеспечения возможности электрохимической реакции восстановления протона H^+ с последующим получением газообразного водорода и высвобождением в растворе ионов OH^- , причем катод расположен в катодной камере, приспособленной для содержания или содержащей в качестве католита щелочной раствор, в частности водный раствор NaOH ;

в) систему подачи анолита в анодную камеру;

г) систему подачи католита в катодную камеру;

д) катионообменную мембрану, непроницаемую для иона OH^- и проницаемую для катиона, в частности проницаемую для катиона Na^+ ;

е) анионообменную мембрану, непроницаемую для иона H^+ и проницаемую для аниона, в частности проницаемую для аниона Cl^- ;

причем анодная камера и катодная камера разделены катионообменной мембраной и анионообменной мембраной, которые, в свою очередь, разделены

третьей камерой, приспособленной для содержания или содержащей водный раствор хлористых солей, в частности соли NaCl,

и

а) катионообменная мембрана является одновременно стенкой или частью
5 стенки катодной камеры и третьей камеры, так что возможно прохождение катионов соли, в частности катионов Na^+ , из третьей камеры в катодную камеру;

б) анионообменная мембрана является одновременно стенкой или частью
стенки анодной камеры и третьей камеры, так что возможно прохождение
анионов соли, в частности анионов Cl^- , из третьей камеры в анодную камеру.

10 В предпочтительных вариантах электроды изготавливают из нержавеющей стали или из графита. Мембраны преимущественно изготавливают из усиленных полимерных материалов, в частности из поликетонов. Материалы для электродов и мембран могут быть разными, они должны только подходить для
вышеописанных реакций и проницаемостей. Специалист в данной области
15 техники может легко определить подходящие электроды и мембраны.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения обессоливающее устройство (соответствующий блок управления для регулирования работы его компонентов включен в устройство) сконфигурирован для выполнения следующего алгоритма:

20 i) подача в анодную камеру (14; 114) с помощью системы подачи в анодную камеру анолита, предпочтительно воды;

ii) подача в катодную камеру (16; 116) с помощью системы подачи в катодную камеру католита, предпочтительно воды или получаемой в ней щелочи с пониженной концентрацией;

25 iii) подача в третью камеру (12; 112) концентрированного раствора хлористой соли;

iv) окисление OH^- на аноде (18) с получением кислорода O_2 и протонов H^+ ;

v) восстановление H^+ на катоде (20) с получением водорода H_2 и ионов гидроксида OH^- .

30 Анионообменная мембрана задерживает в анодной окислительной камере протоны H^+ , однако при этом обеспечивается возможность прохождения отрицательных ионов, таких как хлорид-ионы Cl^- из центральной (третьей) камеры. Центральная камера предпочтительно выполнена таким образом, чтобы

обеспечивалось возможность прохождения обрабатываемого солевого раствора и максимизировалось время его пребывания с минимизацией площади используемой активной поверхности. Под активной поверхностью следует понимать две стенки камеры, ограниченной анионообменной мембраной и катионообменной мембраной.

Напротив, катионообменная мембрана задерживает в катодной камере получения щелочи ионы OH^- , однако при этом обеспечивается возможность прохождения положительных ионов, таких как ионы натрия Na^+ из центральной камеры.

Чтобы обеспечить непрерывность электрохимических реакций и миграцию ионов соли из обрабатываемого раствора в анодную камеру и в катодную камеру, в обессоливающем устройстве по настоящему изобретению каждая камера предпочтительно снабжена впускным отверстием и выпускным отверстием, в частности:

а) анодная камера снабжена впускным отверстием для свежего анолита и выпускным отверстием для более кислого анолита, обогащенного анионами соли, в частности анионами Cl^- , или их производными, и кислородом;

б) катодная камера снабжена впускным отверстием для свежего католита и выпускным отверстием для более щелочного католита, обогащенного катионами соли, в частности катионами Na^+ , и водородом; и

в) третья камера имеет впускное отверстие для исходного водного раствора соли и выпускное отверстие для раствора соли с пониженной концентрацией.

В наиболее предпочтительном варианте осуществления изобретения обессоливающее устройство также содержит:

ж) устройство разделения газа и жидкости, в частности газожидкостной скруббер, подходящее для извлечения получаемого водорода, подсоединенное к выпускному отверстию катодной камеры и предпочтительно подсоединенное к топливному элементу.

Устройство разделения газа и жидкости обеспечивает возможность извлечения части водорода, получаемого в камере получения щелочи, то есть, в катодной камере, для использования на месте, например, для производства электричества с помощью топливного элемента. Вырабатываемая электрическая энергия может быть использована непосредственно для питания

электрохимического элемента обессоливающего устройства, в результате чего экономится энергия, необходимая для питания этого устройства, до 15% энергии, подаваемого от основного источника. В технике известны также и другие системы разделения газа и жидкости.

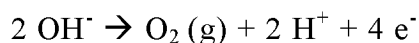
5 В наиболее предпочтительном варианте осуществления изобретения предусматривается, что обессоливающее устройство также содержит:

з) реактор карбонизации с катодной камерой, имеющей впускное отверстие и выпускное отверстие, которые соединены с контуром, в который введен реактор карбонизации.

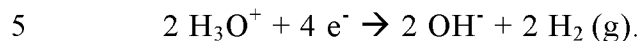
10 В реакторе карбонизации предпочтительно осуществляется диффузия газа, содержащего диоксид углерода, в получаемом щелочном растворе, который проходит в контуре/линии между катодной камерой и реактором карбонизации. В этом случае обеспечивается возможность поддержания примерно постоянной величины рН щелочного раствора (буферный раствор), предпочтительно в
15 диапазоне 8,5-9,5, так что обеспечивается оптимальная работа и оптимальный срок службы мембран. За счет поддержания постоянной величины рН также возможно повышение концентрации реагента, отобранного из рабочего раствора, пока не будет получен раствор насыщенных карбонатов, которые затем могут непрерывно отбираться из раствора, когда они выпадают в осадок. При подаче
20 атмосферного воздуха реактор содействует снижению содержания CO_2 в воздухе. Поэтому реактор карбонизации имеет двойное назначение: поддержание постоянства рН щелочного раствора в катодной камере и обеспечение возможности удаления атмосферного углекислого газа посредством получения твердых карбонатов и бикарбонатов, которые могут быть извлечены
25 из раствора путем кристаллизации при супернасыщении.

В предпочтительных вариантах в качестве свежего анолита используется вода или раствор с величиной рН, близкой к 7, в то время как в качестве свежего католита используется разбавленный щелочной раствор, предпочтительно подаваемый при рециркуляции NaOH, получаемого в катодной камере, и
30 величина его рН поддерживается примерно постоянной при прохождении через реактор вывода карбонатов. Свежий раствор соли предпочтительно представляет собой концентрированный раствор NaCl.

Затем эти свежие растворы подвергаются химическим реакциям, в анодной камере:



и в катодной камере:



В результате этих реакций в анодной камере образуется кислота, а в катодной камере образуется щелочь.

Другой аспект изобретения относится к электрохимическому элементу (ячейке), подходящему для использования в обессоливающем устройстве по
10 настоящему изобретению: Предпочтительно оно содержит:

i) первую пластину, поддерживающую в первом окне, выполненном в первой пластине, анодную камеру с извилистым проходом, размер (толщина) которого перпендикулярно плоскости протяжения извилистого прохода предпочтительно не превышает 6 мм, и на его концах
15 расположены впускное и выпускное отверстия для анолита;

ii) вторую пластину, поддерживающую во втором окне, выполненном во второй пластине, центральную камеру с извилистым проходом, размер которого перпендикулярно плоскости протяжения извилистого прохода предпочтительно не превышает 6 мм, и на его концах расположены
20 впускное и выпускное отверстия для солевого раствора;

iii) третью пластину, поддерживающую в третьем окне, выполненном во второй пластине, катодную камеру с извилистым проходом, размер которого перпендикулярно плоскости протяжения извилистого прохода предпочтительно не превышает 6 мм, и на его концах расположены
25 впускное и выпускное отверстия для католита;

iv) причем анионообменная мембрана расположена между первой и второй пластинами;

v) катионообменная мембрана расположена между второй и третьей пластинами;

30 vi) рядом с первой пластиной на стороне, противоположащей расположению анионообменной мембраны, расположен пластинчатый анод; и

vi) рядом с третьей пластиной на стороне, противоположащей расположению анионообменной мембраны, расположен пластинчатый катод; и

пластины, мембраны и электроды наложены друга на друга в следующем порядке: анод, анодная камера, анионообменная мембрана, центральная камера, катионообменная мембрана, катод,

каждая пластина опционально снабжена первыми отверстиями, расположенными таким образом, что когда пластины наложены друг на друга, они совмещаются таким образом, что могут быть соединены с помощью соответствующих крепежных средств;

каждая пластина снабжена вторыми отверстиями, разделенными на три пары отверстий для передачи по отдельным каналам потоков анолита, католита и солевого раствора, причем одно отверстие каждой пары обеспечивается для подачи соответствующего потока в систему, и другое отверстие – для вывода потока из системы, причем соответствующие отверстия расположены таким образом, что при наложении пластин друг на друга они совмещаются для обеспечения возможности их соединения для формирования отдельных каналов для соответствующих потоков,

каждая пластина предпочтительно снабжена третьими отверстиями для сбора газов, получаемых в анодной и катодной камерах, соответственно, и они расположены таким образом, что при наложении пластин друг на друга они совмещаются для обеспечения возможности их соединения для формирования отдельных каналов для соответствующих потоков газов соответствующих камер,

и каждый поток проходит по каналу, сформированному соответствующими накладываемыми отверстиями всей системы, однако только в пластине, несущей камеру, которой предназначен соответствующий поток канала, осуществляется связь с входным отверстием камеры таким образом, чтобы обеспечивать возможность прохождения потока через камеру и поступления через выпускное отверстие камеры в соответствующий выпускной канал, сформированный соответствующей группой отверстий.

Выполнение электрохимических элементов в форме трех пластин с извилистыми камерами (в форме серпантина) обеспечивает возможность получения максимальной поверхности, то есть, максимальной поверхности

контакта между каждой камерой и соответствующей ионообменной мембраной, с минимальной величиной толщины или объема самих камер, причем практически ламинарный поток в камерах обеспечивает однородное распределение содержащихся в них растворов и надежное удаление газов.

- 5 Извилистая форма прохода обеспечивает возможность создания длинного пути для растворов внутри каждой камеры в очень небольшом пространстве.

Кроме оптимизации контактной поверхности экономия пространства обеспечивает возможность уменьшения площади мембран, необходимых для

- 10 В одном из предпочтительных вариантов обессоливающее устройство содержит в качестве по меньшей мере одного электрохимического элемента вышеописанный электрохимический элемент. Однако понятно, что электрохимический элемент может быть снабжен другими типами электродов, и в него могут подаваться другие типы растворов для осуществления других
15 электрохимических реакций, и поэтому он не связан строго с описанным процессом обессоливания.

- Пластинчатые электрохимические элементы могут быть дополнены дополнительными пластинами для формирования пакетов элементов, которые могут быть использованы в обессоливающих устройствах по настоящему
20 изобретению, а также в других ситуациях, которые требуют других растворов и типов электродов, однако по-прежнему работающих с использованием принципа трехкамерности наименьшего элемента пакета.

- В одном из вариантов осуществления изобретения множество трехкамерных электрохимических элементов сгруппированы в пакет элементов в
25 соответствии:

с вариантом (А), в котором отдельные элементы идут один за другим по следующей схеме:

$[+AZC-][+AZC-]_n$, где $n = 1, 2, \dots$;

- или в соответствии с вариантом (В), в котором отдельные элементы идут
30 один за другим по следующей схеме:

$+AZC-CZA+AZC-CZA+\dots+AZC-$ с переменным количеством групп $AZC-$ и $CZA-$, в которых единицы с тремя соседними камерами имеют общий соответствующий электрод,

причем для обоих вариантов (А) и (В) А – пластина с анодной камерой, Z – пластина с центральной камерой, С – пластина с катодной камерой, знак "+" – анод, и знак "-" – катод; между соседними камерами А и Z расположена анионообменная мембрана, и между соседними камерами Z и С расположена катионообменная мембрана; и

для обоих вариантов (А) и (В) камеры одного типа соединены посредством соответствующих впускных и выпускных отверстий камер и соответствующих отверстий в пластинах.

Принцип пластинчатых электрохимических элементов иллюстрируется ниже со ссылками на фиг. 2, причем конфигурации (количество и расположение) отверстий для соединения впускных отверстий и выпускных отверстий отдельных камер могут варьироваться.

В одном из вариантов осуществления изобретения для использования технологического процесса в широкомасштабном производстве обессоливающее устройство содержит не только по меньшей мере один электрохимический элемент, но их множество, например 50, в многополярной конфигурации в пакете, содержащем элементы с чередующимися полярностями. В предпочтительных вариантах площадь активной поверхности мембран и электродов составляет примерно 1600 см². Каждый элемент может запитываться от генератора постоянного тока при напряжении в диапазоне 0-9 вольт. В одном из предпочтительных вариантов каждый элемент запитывается постоянным напряжением в диапазоне 2,5-3,5 В и током в диапазоне 4,5-6,5 мА/см², например с использованием фотоэлектрической системы и стабилизатора напряжения или с использованием генератора постоянного тока, работающего от сети. Вместо этого или дополнительно к этому, каждый элемент может запитываться энергией, вырабатываемой вышеуказанным топливным элементом. Сила тока зависит от электропроводности обрабатываемого солевого раствора. Для одного и того же напряжения раствор, менее насыщенный солями, обеспечивает меньший ток, и вышеуказанный диапазон может быть поэтому расширен до 0,5-6,5 мА/см²,

Поток солевого обрабатываемого раствора предпочтительно поддерживается в центральной камере каждого элемента на постоянном уровне, например с помощью шланговых дозирующих насосов, управление которыми

может осуществляться с помощью программируемого логического контроллера (ПЛК) с использованием мониторинга электропроводности раствора, измеряемой на выходе элемента. Также внутри анодной и катодной камеры предпочтительно поток анолита/католита, такой как поток воды, поддерживается постоянным, например, с помощью шланговых дозирующих насосов, управление которыми осуществляется с помощью ПЛК с использованием контроля pH этих же растворов на выходе из элемента.

В этой связи обессоливающее устройство по настоящему изобретению содержит насосные системы с регулируемым расходом для подачи в эти камеры.

Путем регулирования скорости подачи обрабатываемого раствора и напряжения, подаваемого на элемент, можно осуществлять непрерывное динамическое управление его производительностью, обеспечивая на выходе центральной камеры раствор, содержание хлоридов в котором соответствует требуемому уровню.

В альтернативном варианте осуществления изобретения обессоливающее устройство содержит также систему обратного осмоса для разделения раствора, выходящего из центральной камеры, на фракцию опресненной воды и фракцию концентрированного солевого раствора, который подается по линии в центральную камеру электрохимического элемента, причем предпочтительно в установку обратного осмоса подается не только солевой раствор, выходящий из центральной камеры, но также и солоноватая вода. Соленость солоноватой воды равна или по меньшей мере близка к солености раствора, выходящего из центральной камеры, чтобы можно было получить дополнительный объем питьевой воды.

Например, при опреснении морской воды такая схема обеспечивает возможность получения 100% воды, выводимой в качестве питьевой воды, без какого-либо сброса. Для получения таких результатов могут использоваться и другие схемы. Например, в случае очистки промышленных сточных вод электрохимические элементы используются для снижения содержания хлоридов ниже уровня, при котором допускается сброс в открытые водоемы.

Другой аспект изобретения относится к способу обессоливания, включающему следующие шаги:

а) обеспечение обессоливающего устройства в соответствии с изобретением;

б1) подача в анодную камеру анолита, предпочтительно воды;

б2) подача в катодную камеру католита, предпочтительно воды или

5 получаемой в ней щелочи с пониженной концентрацией;

б3) подача в третью камеру концентрированного раствора хлористой соли;

в1) окисление OH^- на аноде с получением кислорода O_2 и протонов H^+ ;

в2) восстановление H^+ на катоде с получением водорода H_2 и ионов гидроксида OH^- ;

10 г1) прохождение анионов соли, в частности хлоридов, из третьей камеры в анодную камеру в ответ на повышение концентрации ионов H^+ в анодной камере;

г1) прохождение катионов соли, в частности Na^+ , из третьей камеры в катодную камеру в ответ на повышение концентрации ионов OH^- в катодной камере.

15

В этом способе используется электрохимический элемент или пакет электрохимических элементов в соответствии с изобретением для снижения содержания соли концентрированного солевого раствора с одновременным получением кислорода и водорода. Что касается водорода, который не может

20 быть загрязнен другими газами, то он может быть использован для производства энергии. Напротив, кислород в анодной камере может быть загрязнен хлором в результате окисления Cl^- на аноде. Щелочь, получаемая в катодной камере, может быть использована для захвата CO_2 из атмосферного воздуха и получения карбонатов и бикарбонатов. Карбонизация обеспечивает одновременное

25 преобразование концентрированной щелочи в разбавленный щелочной раствор, который подают в катодную камеру, так что исключается необходимость в подаче свежего католита.

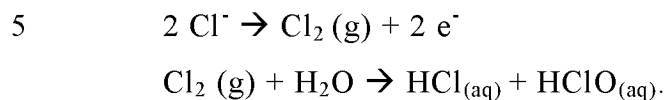
25

В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения указанный по меньшей мере один электрохимический элемент сконфигурирован

30 для работы при постоянном напряжении, величина которого находится в диапазоне 2,5-3,5 В, и с током в диапазоне 4,5-6,5 mA/cm^2 (в случае солевых растворов с низкой концентрацией солей возможен диапазон 0,5-6,5 mA/cm^2) для каждого элемента, в результате чего происходит окисление хлорида внутри

30

анодной камеры с формированием газообразного хлора, который, в свою очередь, самопроизвольно подвергается реакции дисмутации с образованием в равных пропорциях соляной кислоты (HCl) и гипохлористой кислоты (HClO). При этом в анодной камере происходят следующие реакции:



Напряжение питания величиной по меньшей мере 3 вольта обеспечивает возможность получения реакции окисления хлорида внутри окислительной камеры с последующим образованием газообразного хлора. Газообразный хлор, диффундировавший в водном растворе, самопроизвольно подвергается реакции дисмутации или самоокисления-самовосстановления с образованием в равных пропорциях соляной и гипохлористой кислот. Регулирование скорости закачивания воды в окислительную камеру обеспечивает возможность управления соотношением между соляной кислотой и гипохлористой кислотой на выходе камеры, так что может быть получен раствор, содержащий активный хлор в требуемом количестве, например для использования в производстве дезинфицирующих средств. Для того чтобы обеспечить дальнейшее повышение концентраций получаемого активного хлора, можно буферизовать кислый раствор, получаемый в результате использования подходящей щелочи. Эта процедура обеспечивает возможность дальнейшего увеличения времени пребывания раствора внутри окислительной камеры.

В одном из вариантов осуществления способа по настоящему изобретению:

- i) в анодную камеру подают с регулируемым расходом поток кислого раствора, и из нее выводят кислые растворы, содержащие кислород и предпочтительно HCl и HClO;
- ii) в катодную камеру подают с регулируемым расходом поток щелочного раствора, в частности раствора NaOH, и из нее выводят концентрированные щелочные растворы и водород; и
- iii) в центральную камеру подают с регулируемым расходом концентрированные солевые растворы, и из нее выводят разбавленные солевые растворы.

Регулирование расхода обеспечивает возможность контроля компонентов водных растворах, содержащихся в соответствующих камерах.

В одном из вариантов осуществления способа по настоящему изобретению подача в катодную камеру и вывод ее содержимого осуществляют в контуре, из которого выводят водород, предпочтительно подавая его в топливный элемент, и который содержит реактор карбонизации, из которого выводят карбонаты и/или бикарбонаты с поддержанием величины рН щелочного раствора (буферный раствор), который возвращают в катодную камеру, предпочтительно на уровне в диапазоне 8,5-9,5. Энергия, вырабатываемая в топливном элементе, может быть использована для питания обессоливающего устройства.

Другие аспекты изобретения относятся к применению обессоливающего устройства и способа обессоливания, в частности для уменьшения концентрации хлоридов в солоноватой воде, в сточных водах промышленного производства, горных работ, систем очистки воды или в морской воде, в соответствии с изобретением для одной или более целей, выбранных из группы, состоящей из:

- - производства карбонатов и/или бикарбонатов;
- - удаления CO_2 из атмосферного воздуха;
- получения водорода для производства энергии;
- - получения HCl и HClO для производства дезинфицирующих средств.

Признаки и достоинства, раскрытые для одного аспекта изобретения, могут быть перенесены, с соответствующими изменениями, в другие аспекты изобретения.

Промышленная применимость очевидна с того момента, когда становится возможно с помощью изобретения снизить концентрацию хлоридов в солоноватой воде, в морской воде, в сточных водах промышленного производства и т.п. даже для концентраций хлоридов менее 35000 ppm эффективно с экономической точки зрения и в то же время использовать побочные продукты, такие как водород, HCl/HClO и NaOH для производства энергии и карбонатов/бикарбонатов, а также для снижения углеродного следа в окружающей среде.

Указанные цели и достоинства будут освещены далее при описании предпочтительных вариантов осуществления изобретения, которые приведены лишь в качестве неограничивающих примеров.

Варианты и другие признаки изобретения являются объектами зависимых пунктов формулы. Описание предпочтительных вариантов осуществления

устройства, способа, электрохимического элемента и применений, относящихся к обессоливанию, а также к извлечению и полезному использованию хлоридов, содержащихся в разбавленных растворах, в соответствии с изобретением приведено (лишь в качестве неограничивающих примеров) со ссылками на прилагаемые чертежи. В частности, если не указано иное, количество, форма, размеры и материалы системы и отдельных компонентов могут изменяться, и эквивалентные элементы могут использоваться без отклонения от идеи изобретения.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 - схема обессоливающего устройства в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 2 – схематические изображения отдельных частей электрохимического элемента, подходящего для использования в устройстве, схема которого приведена на фиг. 1.

Подробное описание осуществления изобретения

На фиг. 1 приведена схема обессоливающего устройства/установки в соответствии с настоящим изобретением. Устройство содержит в качестве основной части электрохимический элемент (ячейку) 10, содержащий центральную камеру 12, анодную камеру 14 и катодную камеру 16. В анодной камере 14 расположен электрод, а именно, анод 18. В катодной камере 16 расположен соответствующий электрод, катод 20. Электроды 18, 20 подсоединены к цепи 22, питание которой осуществляется фотогальваническим элементом 24. Электроны перемещаются от отрицательного электрода 18 к положительному электроду 20. Анодная камера 14 отделена от центральной камеры 12 анионообменной мембраной 26, а катодная камера 16 отделена от центральной камеры 12 катионообменной мембраной 28. Каждая из трех камер 12, 14 и 16 снабжена впускным и выпускным отверстиями, а именно: центральная камера 12 имеет впускное отверстие 30 и выпускное отверстие 32, анодная камера 14 имеет впускное отверстие 34 и выпускное отверстие 36, и катодная камера 16 имеет впускное отверстие 38 и выпускное отверстие 40. Вода (стрелка а) подается насосом 42 в анодную камеру 14 через впускное отверстие 34. В центральную камеру 12 подается через впускное отверстие 30 концентрированный раствор NaCl (стрелка b), например содержащий 70 г

NaCl/л. С помощью насоса 44 разбавленный водный раствор щелочи (в данном случае NaOH с концентрацией 0,1 М) подается (стрелка с) в катодную камеру 16 через впускное отверстие 38. На катоде 20 катионы H_3O^+ восстанавливаются с получением водорода H_2 в соответствии с формулой реакции $2 \text{H}_3\text{O}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_2 (\text{g})$. В результате щелочность раствора в катодной камере 16 повышается. Таким образом, концентрация раствора NaOH, выходящего (стрелка d) из катодной камеры 16 через выпускное отверстие 40, будет более высокой (в данном случае 1 М). Одновременно через выпускное отверстие 46 выходит (стрелка e) образовавшийся водород, отделяемый от потока водного раствора NaOH, который регулируется в линии/контуре 48, соединяющей впускное отверстие 38 и выпускное отверстие 40 катодной камеры 16. В линии 48 установлен реактор 50 карбонизации, так что концентрированный раствор NaOH, выходящий из катодной камеры 16, поступает в реактор 50, в который насосом 54 подается (стрелка f) по линии 52 газ (в частности воздух), содержащий диоксид углерода CO_2 , пузырьки которого проходят в реакторе 50. В результате реакции между NaOH и CO_2 в воде образуется карбонат и/или бикарбонат натрия, который может быть выгружен из реактора 50 через выпускное отверстие 56. Реактор 50 снабжен разделительной стенкой 58 для отделения зоны формирования твердого карбоната/бикарбоната от линии 48.

В анодной камере 14 ионы OH^- окисляются с образованием кислорода O_2 в соответствии с формулой реакции $4 \text{OH}^- \rightarrow 4 \text{e}^- + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 (\text{g})$. По мере увеличения концентрации ионов H_3O^+ понижается величина pH водного раствора.

Концентрированный раствор NaCl, вводимый в центральную камеру 12, разбавляется в процессе реакций на электродах 18, 20, поскольку катионы Na^+ проходят (стрелки g) через катионообменную мембрану 28 в ответ на повышение концентрации ионов OH^- , в то время как анионы Cl^- проходят (стрелки h) через анионообменную мембрану 26 в ответ на повышение концентрации ионов H_3O^+ . Через выпускное отверстие 32 центральной камеры 12 выходит разбавленный раствор NaCl (примерно 35 г/л).

Ионы Cl^- , поступающие в анодную камеру 14, окисляются на аноде 18, в результате чего образуется хлор Cl_2 . Хлор реагирует с водой с формированием

HCl и HClO, примерно 1 М в данном случае, и выходит (стрелка i) через выпускное отверстие 36.

Разбавленный солевой раствор, выходящий из центральной камеры 12, смешивается с соевым раствором примерно одинаковой концентрации (стрелка j) и подается насосом 60 в установку 62 обратного осмоса, из которой получают фракцию пресной воды (стрелка k) и фракцию концентрированного раствора NaCl (70 г/л), которую подают с помощью насоса 64 в форме потока NaCl в центральную камеру 12 (стрелка b).

На фиг. 2 приведены схематические изображения отдельных частей электрохимического элемента, подходящего для использования в устройстве, схема которого приведена на фиг. 1. Слева направо можно видеть первую пластину 166 с анодной камерой 114, вторую пластину 168 с центральной камерой 112 и третью пластину 170 с катодной камерой 116. В каждой камере выполнен извилистый проход (в форме серпантина).

В трехкамерном базовом элементе, который используется отдельно или в соответствии с вышеуказанными вариантами (А) или (В) в последовательности множества трехкамерных элементов, анионообменная мембрана 127 всегда расположена между анодной камерой 114 и центральной камерой 112, а между центральной камерой 112 и катодной камерой 116 расположена катионообменная мембрана 128. На схеме пластины 166, показанной слева на фиг. 2, ссылочный номер 127 указывает анионообменную мембрану, расположенную над анодной камерой 114; на схеме пластины 170, показанной справа, ссылочный номер 128 указывает катионообменную мембрану, расположенную над катодной камерой 116; и на схеме пластины 168, показанной в центре, ссылочный номер 126 указывает блок анионообменной и катионообменной мембран (также показанных по отдельности на боковых схемах), между которыми расположена центральная камера 112.

Располагая вторую пластину 168 над первой пластиной 166 и третью пластину 170 над второй пластиной 168 с анионообменной мембраной 127 между первой 166 и второй 168 пластинами и с катионообменной мембраной 128 между второй 168 и третьей 170 пластинами, получают базовый электрохимический элемент. Для соединения пластин между собой по краю каждой пластины обеспечиваются отверстия 172, в которые вводятся

соответствующие крепежные средства. Повторяя операцию изготовления электрохимических элементов несколько раз и устанавливая один элемент сверху другого, в соответствии с вышеуказанными последовательностями, получают пакет электрохимических элементов, которые могут быть соединены для совместной работы. Для этого каждая пластина снабжена двумя группами трех отверстий: одна для выпускных отверстий соответствующих камер 114, 112 и 116 и одна для впускных отверстий соответствующих камер. Анодная камера 114 первой пластины 166 соединяется на ее концах с выпускным отверстием 136 и с впускным отверстием 134, центральная камера 112 соединяется на ее концах с выпускным отверстием 132 и с впускным отверстием 130, и катодная камера 116 соединяется на ее концах с выпускным отверстием 140 и с впускным отверстием 138. Таким образом, в пакете электрохимических элементов выпускные и впускные отверстия отдельных камер соединены вместе, формируя единый поток анодного раствора, солевого раствора и катодного раствора между камерами одного типа (анодной, центральной и катодной).

Кроме того, в каждой пластине имеются отверстия 146, 147, которые могут быть совмещены в пакете и которые служат для дегазации анодной и катодной камер, в которых образуются газы, в частности в случае соединенных катодных камер 116 соответствующие отверстия 146 служат для формирования каналов для передачи получаемого водорода.

Пластины выполнены в форме чипов и имеют толщину примерно 6 мм (неограничивающий пример).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Обессоливающее устройство, содержащее по меньшей мере один электрохимический элемент (10), содержащий:

- 5 а) анод (18), подходящий для обеспечения электрохимической реакции окисления иона OH^- с последующим получением газообразного кислорода и высвобождением в растворе протонов H^+ , причем анод (18) расположен в анодной камере (14; 114), подходящей для содержания или содержащей в качестве анолита кислый раствор;
- 10 б) катод (20), соединенный посредством электрического соединения (22) с анодом (18) и подходящий для обеспечения электрохимической реакции восстановления протона H^+ с последующим получением газообразного водорода и высвобождением в растворе ионов OH^- , причем катод (20) расположен в катодной камере (16; 116), подходящей для содержания или содержащей в
- 15 качестве католита щелочной раствор, в частности водный раствор NaOH ;
- в) систему подачи кислого раствора в анодную камеру;
- г) систему подачи щелочного раствора в катодную камеру;
- д) катионообменную мембрану (28; 128), непроницаемую для ионов OH^- и проницаемую для катионов, в частности для катионов Na^+ ;
- 20 е) анионообменную мембрану (26; 126), непроницаемую для ионов H^+ и проницаемую для анионов, в частности для анионов Cl^- ;
- причем анодная камера (14; 114) и катодная камера (16; 116) разделены катионообменной мембраной (28; 128) и анионообменной мембраной (26; 126), которые, в свою очередь, разделены третьей камерой (12; 112), подходящей для
- 25 содержания или содержащей водный раствор хлористой соли, в частности соли NaCl , и
- (α) катионообменная мембрана (28; 128) является одновременно стенкой или частью стенки катодной камеры (16; 116) и третьей камеры (12; 112), так что возможно прохождение катионов соли, в частности катионов Na^+ , из третьей
- 30 камеры (12; 112) в катодную камеру (16; 116);
- (β) анионообменная мембрана (26; 126) является одновременно стенкой или частью стенки анодной камеры (14; 114) и третьей камеры (12; 112), так что

возможно прохождение анионов соли, в частности анионов Cl^- , из третьей камеры (12; 112) в анодную камеру (14; 114).

2. Обессоливающее устройство по п. 1, **отличающееся тем**, что электроды (18, 20) изготовлены из нержавеющей стали или из графита.

3. Обессоливающее устройство по п. 1 или п. 2, **отличающееся тем**, что оно сконфигурировано для выполнения следующего алгоритма:

- i) подача в анодную камеру (14; 114) анолита, предпочтительно воды;
- 10 ii) подача в катодную камеру (16; 116) католита, предпочтительно воды или получаемой в ней щелочи с пониженной концентрацией;
- iii) подача в третью камеру (12; 112) концентрированного раствора хлористой соли;
- iv) окисление OH^- на аноде (18) с получением кислорода O_2 и протонов H^+ ;
- 15 v) восстановление H^+ на катоде (20) с получением водорода H_2 и ионов гидроксида OH^- .

4. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что каждая из камер (12, 14, 16; 112, 114, 116) снабжена впускным отверстием (30, 34, 38; 130, 134, 138) и выпускным отверстием (32, 36, 40; 132, 136, 140), а именно:

- а) анодная камера (14; 114) снабжена впускным отверстием (34; 134) для свежего анолита и выпускным отверстием (36; 136) для анолита, обогащенного анионами соли, в частности анионами Cl^- , или их производными, и кислородом;
- 25 б) катодная камера (16; 116) снабжена впускным отверстием (38; 138) для свежего католита и выпускным отверстием (40; 140) для католита, обогащенного катионами соли, в частности катионами Na^+ , и водородом; и
- в) третья камера (12; 112) имеет впускное отверстие (30; 130) для исходного водного раствора соли и выпускное отверстие (32; 132) для раствора соли с пониженной концентрацией.
- 30

5. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что оно дополнительно содержит:

ж) устройство разделения газа и жидкости, в частности газожидкостной скруббер, подходящее для извлечения получаемого водорода, подсоединенное к выпускному отверстию катодной камеры (16; 116) и предпочтительно подсоединенное к топливному элементу.

5

6. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что оно дополнительно содержит:

з) реактор (50) для карбонизации,

10 причем катодная камера (16) содержит впускное отверстие (38) и выпускное отверстие (40), соединенные с контуром, в который введен реактор (50) для карбонизации.

15 7. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что указанный по меньшей мере один электрохимический элемент содержит:

20 i) первую пластину (166), поддерживающую в первом окне, выполненном в первой пластине, анодную камеру (114) с извилистым проходом, размер которого перпендикулярно плоскости протяжения извилистого прохода предпочтительно не превышает 6 мм, и на его концах расположены впускное и выпускное отверстия для анолита;

25 ii) вторую пластину (168), поддерживающую во втором окне, выполненном во второй пластине, центральную камеру (112) с извилистым проходом, размер которого перпендикулярно плоскости протяжения извилистого прохода предпочтительно не превышает 6 мм, и на его концах расположены впускное и выпускное отверстия для солевого раствора;

30 iii) третью пластину (170), поддерживающую в третьем окне, выполненном в третьей пластине, катодную камеру (116) с извилистым проходом, размер которого перпендикулярно плоскости протяжения извилистого прохода предпочтительно не превышает 6 мм, и на его концах расположены впускное и выпускное отверстия для католита;

 iv) причем анионообменная мембрана (127) расположена между первой (166) и второй (168) пластинами;

v) катионообменная мембрана (128) расположена между второй (168) и третьей (170) пластинами;

vi) вдоль первой пластины (166) на стороне, противолежащей расположению анионообменной мембраны (127), расположен пластинчатый анод; и

vii) вдоль третьей пластины (170) на стороне, противолежащей расположению катионообменной мембраны (128), расположен пластинчатый катод;

причем пластины, мембраны и электроды наложены друга на друга в следующем порядке: анод, анодная камера, анионообменная мембрана, центральная камера, катионообменная мембрана, катод;

каждая пластина опционально снабжена рядом первых отверстий (172), расположенных таким образом, что когда пластины наложены друг на друга, они выравниваются так, что могут быть соединены с помощью соответствующих крепежных средств;

каждая пластина снабжена вторыми отверстиями, разделенными на три пары отверстий (134, 136; 130, 132; 138, 140) для передачи по отдельным каналам потоков анолита, католита и солевого раствора, причем одно отверстие (134; 130; 138) каждой пары обеспечивается для подачи соответствующего потока в систему, и другое отверстие (136; 132; 140) – для вывода потока из системы, причем соответствующие отверстия расположены таким образом, что при наложении пластин друг на друга они выравниваются для обеспечения возможности их соединения для формирования отдельных каналов для соответствующих потоков,

и каждая пластина предпочтительно снабжена третьими отверстиями (146, 147) для сбора газов, получаемых в анодной и катодной камерах (114, 116), соответственно, и они расположены таким образом, что при наложении пластин друг на друга они выравниваются для обеспечения возможности их соединения для формирования отдельных каналов для соответствующих потоков газов соответствующих камер, в которых каждый поток проходит по каналу, сформированному соответствующими выровненными отверстиями, через всю систему, однако только в пластине, несущей камеру, которой предназначен соответствующий поток канала, обеспечивается сообщение с впукным

отверстием камеры таким образом, чтобы обеспечивать возможность прохождения потока через камеру и поступления через выпускное отверстие камеры в соответствующий выпускной канал, сформированный соответствующей группой отверстий.

5

8. Обессоливающее устройство по п. 7, **отличающееся тем**, что оно включает множество трехкамерных электрохимических элементов, которые сложены в пакет элементов в соответствии с вариантом (А), в котором отдельные элементы идут один за другим в соответствии со следующей схемой:

10 $[+AZC-][+AZC-]_n$, где $n = 1, 2, \dots$;

или в соответствии с вариантом (В), в котором отдельные элементы идут один за другим по следующей схеме: $+AZC-CZA+AZC-CZA+\dots+AZC-$ с меняющимся количеством групп $AZC-$ и $CZA-$, в которых элементы с тремя соседними камерами имеют соответствующий общий электрод,

15 причем для обоих вариантов (А) и (В) А – это пластина (166) с анодной камерой (114), Z – пластина (168) с центральной камерой (112), С – пластина (170) с катодной камерой (116), знак "+" – анод, и знак "-" – катод, анионообменная мембрана (127) расположена между соседними камерами А и Z, и катионообменная мембрана (128) расположена между соседними камерами Z и
20 С; и

для обоих вариантов (А) и (В) камеры одного типа соединены посредством соответствующих впускных и выпускных отверстий камер и соответствующих отверстий в пластинах.

25 9. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что оно содержит множество электрохимических элементов в многополярной конфигурации пакета, содержащего элементы с чередующейся полярностью.

30 10. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что оно содержит насосные системы (42, 44, 64) с регулируемым расходом для подачи в камеры.

11. Обессоливающее устройство по любому из предыдущих пунктов, **отличающееся тем**, что электрохимический элемент (10) сконфигурирован для работы при напряжении в диапазоне 2,5-3,5 В и с током в диапазоне 0,5-6,5 мА/см², предпочтительно в диапазоне 4,5-6,5 мА/см².

5

12. Способ обессоливания, включающий следующие шаги:

а) обеспечение обессоливающего устройства по любому из предыдущих пунктов;

б1) подача в анодную камеру (14; 114) анолита, предпочтительно воды;

10 б2) подача в катодную камеру (16; 116) католита, предпочтительно воды или получаемой в ней щелочи с пониженной концентрацией;

б3) подача в третью камеру (12; 112) концентрированного раствора хлористой соли;

в1) окисление OH^- на аноде (18) с получением кислорода O_2 и протонов H^+ ;

15 в2) восстановление H^+ на катоде (20) с получением водорода H_2 и ионов гидроксида OH^- ;

г1) прохождение анионов соли, в частности хлоридов, из третьей камеры (12; 112) в анодную камеру (14; 114) в ответ на повышенную концентрацию ионов H^+ в анодной камере (14; 114);

20 г2) прохождение катионов соли, в частности Na^+ , из третьей камеры (12; 112) в катодную камеру (16; 116) в ответ на повышенную концентрацию ионов OH^- в катодной камере (16; 116).

13. Способ по п. 12, **отличающийся тем**, что указанный по меньшей мере один электрохимический элемент (10) запитывают напряжением в диапазоне 2,5-3,5 В и током в диапазоне 0,5-6,5 мА/см², предпочтительно в диапазоне 4,5-6,5 мА/см², что приводит к окислению хлорида внутри анодной камеры (14; 114) с получением газообразного хлора, который, в свою очередь, самопроизвольно подвергается реакции дисмутации, в результате чего вырабатываются в равных пропорциях соляная кислота (HCl) и гипохлористая кислота (HClO).

25

30

14. Способ по п. 12 или п. 13, **отличающийся тем**, что

i) в анодную камеру (14; 114) подают регулируемый поток, в частности кислого раствора или воды, и из нее выводят кислые растворы, содержащие кислород и предпочтительно HCl и HClO;

5 ii) в катодную камеру (16; 116) подают регулируемый поток щелочного раствора, в частности раствора NaOH, или воды, и из нее выводят концентрированные щелочные растворы и водород;

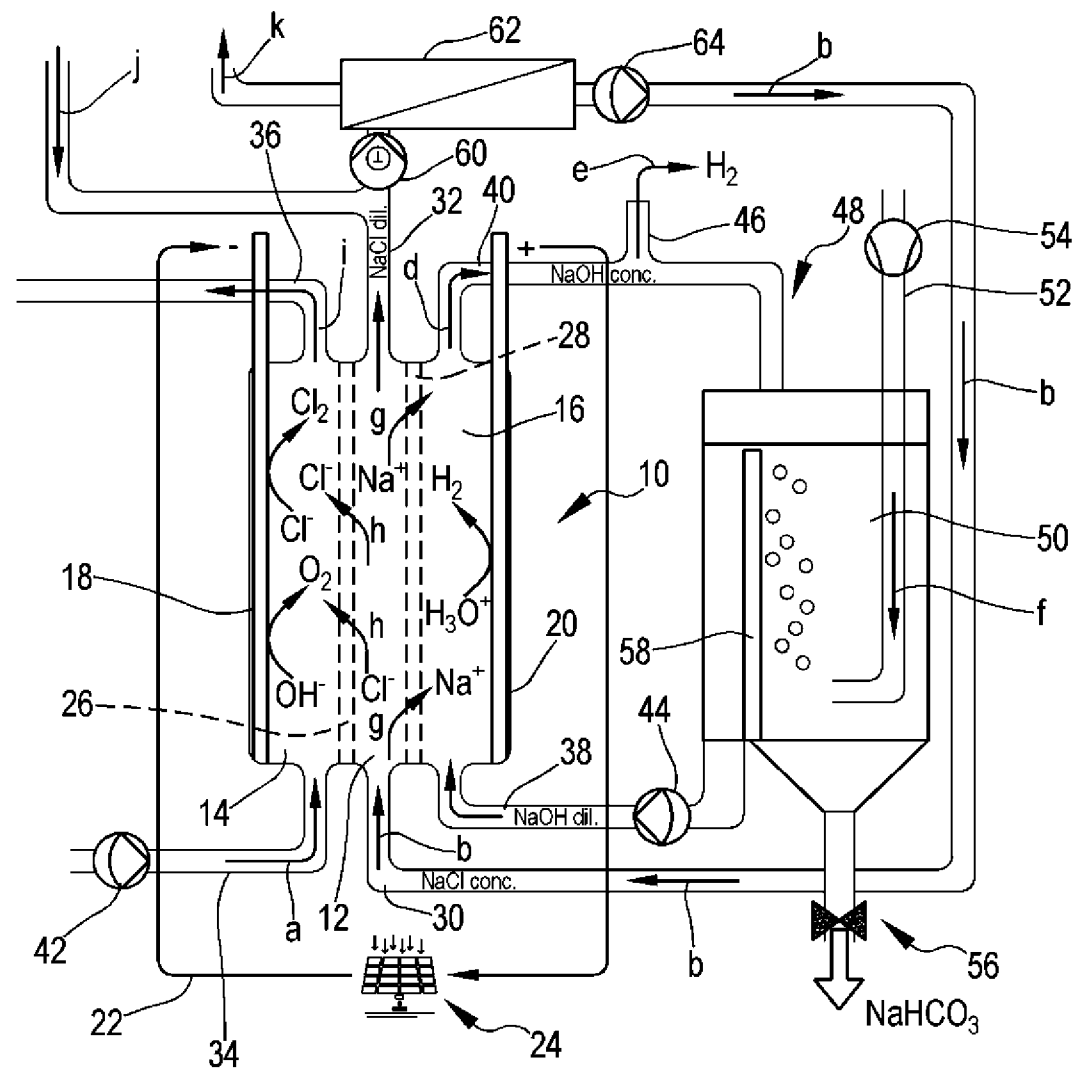
10 iii) в центральную камеру (12; 112) подают с регулируемым расходом концентрированные растворы соли, и из нее выводят разбавленные растворы соли, обеспечивая возможность регулирования концентраций компонентов водных растворов, содержащихся в соответствующих камерах (12, 14, 16; 112, 114, 116).

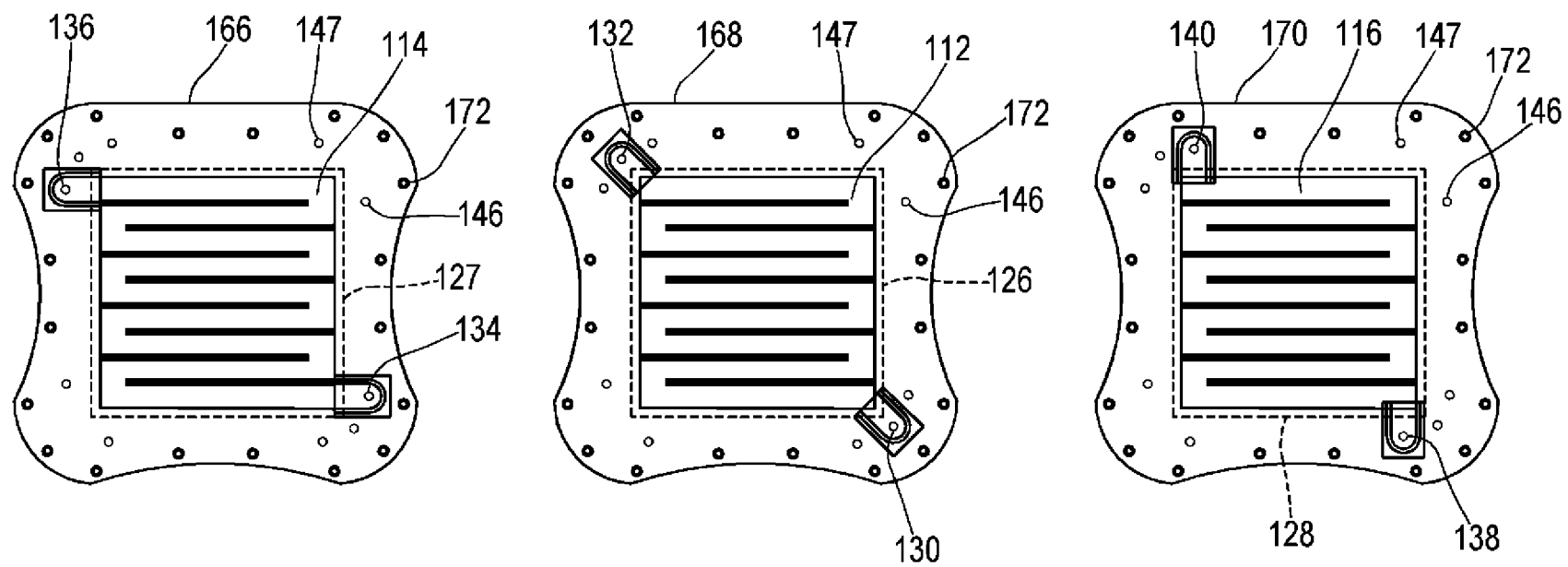
15 15. Способ по любому из п.п. 12-14, **отличающийся тем**, что подача в катодную камеру (16) и вывод ее содержимого осуществляют в контуре, из которого выводят водород (46), предпочтительно подавая его в топливный элемент, и который содержит реактор (50) карбонизации, из которого выводят карбонаты и бикарбонаты (56), с поддержанием величины pH щелочного раствора, который возвращают в катодную камеру (16), предпочтительно в
20 диапазоне от 8,5 до 9,5, и энергия, вырабатываемая в топливном элементе, может использоваться для питания обессоливающего устройства.

25 16. Применение обессоливающего устройства и способа обессоливания по любому из предыдущих пунктов для понижения концентрации хлоридов в солоноватой воде, в сточных водах промышленного производства, горных работ, систем очистки воды или в морской воде для одной или более целей, выбранных из группы, состоящей из:

- производства карбонатов и/или бикарбонатов;
- удаления CO₂ из атмосферного воздуха;
- 30 - получения водорода для производства энергии;
- получения HCl и HClO для производства дезинфицирующих средств.

ФИГ. 1





ФИГ. 2