

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035656**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.07.22

(21) Номер заявки
201890280

(22) Дата подачи заявки
2016.08.12

(51) Int. Cl. **B01D 61/58** (2006.01)
B01D 61/00 (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01)
B01D 61/06 (2006.01)

(54) ОЧИСТКА ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЯМОГО ОСМОСА, ИОННОГО ОБМЕНА И ПОВТОРНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

(31) 15181170.0

(32) 2015.08.14

(33) EP

(43) 2018.08.31

(86) PCT/EP2016/069298

(87) WO 2017/029243 2017.02.23

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФЛЮВИКОН ГМБХ (AT)

(72) Изобретатель:
Грислер Томас (AT)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) US-A1-2014224718

US-A1-2010155333

EP-A1-2644572

WO-A1-2005012185

PAL MADHUBONTI ET AL.: "Purifying fluoride-contaminated water by a novel forward osmosis design with enhanced flux under reduced concentration polarization", ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH INTERNATIONAL, ECOMED, LANDSBERG, DE, vol. 22, no. 15, 27 March 2015 (2015-03-27), pages 11401-11411, XP035517282, ISSN: 0944-1344, DOI: 10.1007/S11356-015-4333-X [retrieved on 2015-03-27] page 11404, line 4 - line 5

Craig Brown ET AL.: "CHLORIDE REMOVAL FROM KRAFT LIQUORS USING ION EXCHANGE TECHNOLOGY", 30 April 1998 (1998-04-30), XP055239310, TAPPI Environmental Conference Retrieved from the Internet: URL:<http://www.eco-tec.com/techpapers/TP%20135%20TAPPI%20ENVIR.pdf> [retrieved on 2016-01-07] the whole document

(57) Предложено устройство (100) для очистки текучей среды, содержащее блок (102) осмоса, выполненный с возможностью предварительной очистки подлежащей очистке текучей среды способом прямого осмоса подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану (104) в камеру (106), содержащую растворенные первые ионы, в частности первые катионы и первые анионы, блок (108) ионного обмена, выполненный с возможностью замещения по меньшей мере части первых ионов, в частности по меньшей мере части по меньшей мере одного из первых катионов и первых анионов, вторыми ионами, в частности по меньшей мере одним из вторых катионов и вторых анионов, и блок (110) повторной концентрации, выполненный с возможностью разделения предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена на очищенную текучую среду и на реконцентрат, обогащенный соответствующими ионами, в частности анионами и катионами.

B1

035656

035656

B1

Настоящее изобретение относится к устройству и способу очистки текучей среды.

Обычно для очистки текучей среды, такой как вода, применяют процедуры мембранной сепарации, в частности, основанные на обратном осмосе. В такой процедуре давление прикладывают ко всей исходной текучей среде со всеми загрязняющими веществами, таким образом прижимая их к мембране. Поскольку поры мембраны слишком малы, чтобы загрязняющие вещества могли пройти через поры, загрязняющее вещество будет накапливаться непосредственно на мембране. Это может приводить к таким проблемам как засорение, накопление осадка и через некоторое время повреждение мембраны. По этой причине требуется предварительная очистка или предварительная обработка исходной подлежащей очистке текучей среды, прежде чем она вступит во взаимодействие с мембраной обратного осмоса. Эта предварительная обработка может включать просеивание, добавление химических веществ (для коагуляции и флокуляции), седиментацию, фильтрацию (например, с использованием песка, в одноступенчатой или последовательной двухступенчатой конфигурации), добавление ингибитора отложений и микро-фильтрацию. Эти способы являются громоздкими и требуют значительного количества энергии.

Альтернативной процедурой очистки текучей среды, такой как вода, является термическая обработка, основанная на принципе дистилляции, в частности многоступенчатая дистилляция выпариванием с понижением давления (MSF). Хотя этот способ является надежным, он предполагает еще более высокий расход энергии (например, от 7 до 10 кВтч/м³), чем обратный осмос.

В US 5098575 описаны способ и устройство для снижения концентрации первого вещества в первой жидкости путем осуществления естественного осмоса первой жидкости через первую полупроницаемую оболочку относительно промежуточной жидкости, причем промежуточная жидкость представляет собой раствор или суспензию второго вещества во второй жидкости, причем вторая жидкость подобна первой жидкости и проходит через первую полупроницаемую оболочку, второе вещество имеет больший молекулярный размер, чем первое вещество, и не проходит через первую полупроницаемую оболочку, в результате чего количество второй жидкости в промежуточной жидкости увеличивается, а затем промежуточную жидкость подвергают обратному осмосу под давлением, при этом вторая жидкость проходит через вторую полупроницаемую оболочку.

Согласно US 7901577 опреснение осуществляют с применением гибридного процесса ионного обмена - нанофильтрации, в котором за ионным обменом следует нанофильтрация под давлением. Одновалентные ионы натрия и хлорида из соленой воды замещают эквивалентными концентрациями поливалентных ионов (например, ионы натрия ионами магния или ионы хлорида ионами сульфата) при прохождении через ионообменные материалы в виде этих поливалентных ионов. Полученный раствор имеет более низкое осмотическое давление, чем исходный раствор, содержащий одновалентные ионы натрия и хлорида, и требует приложения меньшего трансмембранного давления для мембранного опреснения по сравнению с традиционным обратным осмосом. Концентрированные отходы мембранного процесса используют в качестве регенерирующего вещества для истощенного ионообменного материала, который был преобразован в одновалентную анионную или катионную форму.

В WO 2011/059751 описаны процессы сепарации с применением специализированного осмоса, который, как правило, включает извлечение растворителя из первого раствора для концентрирования растворенного вещества с использованием второго концентрированного раствора для извлечения растворителя из первого раствора через полупроницаемую мембрану. Повышение эффективности может быть достигнуто за счет использования вторичного тепла низкого потенциала от промышленных или коммерческих источников.

В WO 2010/067063 описан способ отделения растворителя от раствора, причем указанный способ включает пропускание раствора через избирательную мембрану в условиях обратного осмоса для отделения растворителя от раствора или применение термических способов для отделения растворителя от раствора для получения остаточного раствора, характеризуемого повышенной концентрацией растворенного вещества, а также периодическое пропускание по меньшей мере части раствора со стороны ретентата избирательной мембраны и/или по меньшей мере части остаточного раствора через мембрану нанофильтрации для дополнительного отделения растворителя от части раствора.

Однако в этом случае по-прежнему затруднительно эффективно очищать текучую среду с приемлемым потреблением энергии.

Задача настоящего изобретения состоит в создании стабильной и надежной системы для эффективной очистки текучей среды с приемлемым потреблением энергии.

Для решения вышеуказанной задачи предложены устройство и способ очистки текучей среды согласно независимым пунктам формулы изобретения.

Согласно примеру осуществления настоящего изобретения предложено устройство для очистки текучей среды, содержащее блок осмоса, выполненный с возможностью предварительной очистки текучей среды, подлежащей очистке (которая, соответственно, также упоминается как "подлежащая очистке текучая среда"), посредством прямого осмоса (в частности, осмотической диффузии), также упоминаемого как положительный осмос или обычный осмос, подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану (т.е. любую мембрану, подходящую, пригодную или специально выполненную для обеспечения эффекта осмоса) в камеру, содержащую растворенные первые ионы (в частности, первые катионы и

первые анионы) в качестве вытягивающего раствора, причем осмотическая диффузия может приводить к уменьшению концентрации ионов в вытягивающем растворе или разбавлению, блок ионного обмена, выполненный с возможностью замещения по меньшей мере части первых ионов (в частности, по меньшей мере части первых катионов и/или первых анионов) вторыми ионами (в частности, вторыми катионами и/или вторыми анионами), блок повторной концентрации, выполненный с возможностью разделения предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена на очищенную текучую среду (которую также можно назвать пермеатом или очищенной текучей средой) и на реконцентрат (который также можно назвать ретентатом), обогащенный соответствующими ионами (в частности, анионами и катионами).

Согласно другому примеру осуществления настоящего изобретения предложен способ очистки текучей среды, который включает предварительную очистку подлежащей очистке текучей среды посредством прямого осмоса подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану в камеру, содержащую растворенные первые ионы (в частности, первые катионы и первые анионы), затем замещение по меньшей мере части первых ионов (в частности, по меньшей мере части по меньшей мере одного из первых катионов и первых анионов) вторыми ионами (в частности, по меньшей мере одним из вторых катионов и вторых анионов) с помощью блока ионного обмена, а также разделение предварительно очищенной текучей среды после этого замещения на очищенную текучую среду и на реконцентрат, обогащенный соответствующими ионами (в частности, анионами и катионами).

В контексте настоящей заявки термин "текучая среда" может, в частности, обозначать жидкость и/или газообразную среду, в некоторых случаях содержащую твердые частицы.

В контексте настоящей заявки термин "прямой осмос" может, в частности, обозначать осмотический процесс, в котором используют полупроницаемую мембрану для обеспечения эффекта отделения текучей среды (например, воды) от растворенных веществ и/или других загрязняющих веществ. Движущим фактором этого разделения является градиент осмотического давления, благодаря которому вытягивающий раствор с высокой концентрацией (по сравнению с исходным раствором) используют для обеспечения собственно протекания текучей среды через мембрану в вытягивающий раствор, таким образом эффективно отделяя исходную текучую среду (т.е. подлежащую очистке текучую среду) от растворенных в ней веществ и других загрязнителей. В отличие от прямого осмоса, согласно совершенно другому процессу обратного осмоса в качестве движущего усилия для разделения используют гидравлическое давление, которое обеспечивает противодействие градиенту осмотического давления, который в противном случае способствовал бы протеканию текучей среды из пермеата в исходную текучую среду.

В контексте настоящей заявки термин "ионный обмен" может, в частности, означать обмен ионами (т.е. катионами и/или анионами) между двумя электролитами или между раствором электролита и комплексом (например, матрицей ионного обмена, которая может включать смолу, гель и т.д.). Этот термин может быть использован для обозначения способов очистки, отделения и удаления загрязнений для водных и других ионсодержащих растворов с помощью таких ионообменных материалов как твердые полимерные или минеральные ионообменные материалы или ионообменных материалов любых других видов.

Согласно примеру осуществления настоящего изобретения процедуры прямого осмоса, ионного обмена и повторной концентрации синергетически комбинируют в контексте очистки текучей среды и объединяют в рамках предпочтительно обратимо функционирующей системы обработки с предпочтительно замкнутым циклом. В частности, в качестве механизма очистки может быть использован градиент концентрации в сочетании с мембраной прямого осмоса. Комбинирование с ионным обменом и повторной концентрацией позволяет эффективно регенерировать вытягивающий раствор, используемый для прямого осмоса, и завершать очистку. Такая стабильная и надежная система обработки характеризуется преимуществом в виде значительного снижения потребления энергии (в частности, согласно примеру осуществления настоящего изобретения необязательно требуется высокое потребление энергии, которое необходимо в случае продолжительной и громоздкой предварительной обработки исходной текучей среды при обычном обратном осмосе; кроме того, согласно примерам осуществления настоящего изобретения во время выполнения процесса очистки текучей среды также можно вырабатывать или рекуперировать энергию, что позволяет дополнительно повышать энергоэффективность устройства). Заметное потребление энергии в такой системе может происходить только в блоке повторной концентрации (например, при использовании мембраны нанофильтрации необходимо создавать давление (например, 20 бар, или 40 бар, или любое другое соответствующее значение давления)). В ходе прямого осмоса текучую среду предварительно очищают (предпочтительно, но не обязательно, осуществляя процесс по существу без давления (т.е. без необходимости приложения существенного внешнего давления)), обеспечивая прохождение текучей среды, но не находящейся в ней загрязняющих веществ, через любую требуемую осмотическую мембрану, выполненную с возможностью или подходящую для обеспечения явления осмоса из-за разности концентраций катионов и анионов в подлежащей очистке текучей среде (низкая концентрация ионов) с одной стороны осмотической мембраны и в вытягивающем растворе (высокая концентрация ионов) с противоположной стороны осмотической мембраны. При такой конфигурации осмотической мембраны, при которой катионы и анионы по существу не способны проходить через мембрану из-за их размера и/или заряда, единственной возможной процедурой для уравнивания

концентрации является диффузия подлежащей очистке жидкости (но не находящихся в ней загрязняющих примесей) из исходной текучей среды через мембрану в камеру, вмещающую вытягивающий раствор с высокой концентрацией катионов и анионов. Затем смесь предварительно очищенной текучей среды и ионов (т.е. катионов и анионов) может быть подвергнута ионному обмену, при котором ионы смеси замещаются другими ионами. После завершения этого ионного обмена текучая среда, содержащая другие ионы, может быть реконцентрирована путем отделения первой части (например, но необязательно, основной части) текучей среды от замещенных ионов, растворенных во второй части (например, но не обязательно, меньшей части) текучей среды. После этой повторной концентрации первая часть текучей среды представляет собой очищенную текучую среду (которая впоследствии при необходимости может быть подвергнута или не подвергнута дальнейшей очистке), а вторая часть текучей среды с замещенными ионами может быть дополнительно обработана для обеспечения процедуры с замкнутым циклом. Для этой цели замещенные ионы могут быть снова замещены упомянутыми ранее исходными ионами в ходе дополнительной процедуры ионного обмена (которая предпочтительно может быть выполнена в том же блоке ионного обмена, который уже был использован в ранее упомянутой процедуре ионного обмена, таким образом осуществляя регенерирование блока ионного обмена), так что полученная текучая среда с регенерированными исходными ионами может быть снова использована в качестве вытягивающего раствора для следующей партии подлежащей очистке текучей среды.

Далее будут объяснены другие примеры осуществления устройства и способа.

В одном варианте осуществления блок ионного обмена состоит из двух отдельных ионообменных элементов (таких как колонны), причем первый ионообменный элемент осуществляет обмен катионами (например, $\text{Na}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+}$), а второй ионообменный элемент осуществляет обмен анионами (например, $\text{Cl}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$). Также возможны другие конфигурации.

В одном варианте осуществления вышеописанный прямой осмос может дополнительно поддерживаться осмосом под давлением. В таком варианте осуществления дополнительное давление может быть приложено к подлежащей очистке текучей среде для дополнительного обеспечения течения и увеличения скорости течения через осмотическую мембрану. Благодаря этому может быть дополнительно увеличена пропускная способность.

В одном варианте осуществления блок осмоса выполнен с возможностью обеспечения протекания подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану, в то же время препятствуя прохождению загрязняющих веществ из подлежащей очистке текучей среды в направлении камеры (вмещающей вытягивающий раствор), а также прохождению первых ионов (в частности, первых катионов и первых анионов) и других примесей (суспендированных или растворенных) через осмотическую мембрану в направлении подлежащей очистке текучей среды. Это может быть достигнуто путем соответствующего выбора размера пор осмотической мембраны. Дополнительно или альтернативно осмос также может зависеть от состояния заряда частиц и осмотической мембраны (известного специалистам в данной области как закон Кулона в дополнение к эффекту исключения Доннана).

В одном варианте осуществления блок ионного обмена выполнен с возможностью замещения по меньшей мере части первых анионов вторыми анионами и/или по меньшей мере части первых катионов вторыми катионами. Например, могут быть замещены только катионы. Кроме того, альтернативно могут быть замещены только анионы. Также возможен обмен как катионами, так и анионами. Первые анионы и первые катионы могут быть выбраны, в частности, таким образом, чтобы достичь высокой эффективности вытягивания чистой жидкости через осмотическую мембрану. Замещая как первые анионы вторыми анионами, так и первые катионы вторыми катионами, можно сочетать эти преимущества с дополнительным преимуществом, заключающимся в том, что вторые анионы и вторые катионы могут быть выбраны, в частности, таким образом, чтобы достичь эффективной повторной концентрации в блоке повторной концентрации.

В одном варианте осуществления блок ионного обмена выполнен с возможностью обратимого замещения по меньшей мере части ионов (в частности, по меньшей мере части анионов и/или по меньшей мере части катионов) перед повторной концентрацией и после повторной концентрации. В качестве примера такой обратимый ионный обмен может подразумевать, что первая процедура ионного обмена (например, $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ и/или $2 \text{Na}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+}$) происходит в прямом направлении протекания текучей среды от блока осмоса в направлении блока повторной концентрации и что обратная вторая процедура ионного обмена (например, $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{Cl}^-$ и/или $\text{Mg}^{2+} \rightarrow 2 \text{Na}^+$) происходит в обратном направлении протекания текучей среды от блока повторной концентрации обратно к блоку осмоса. Это позволяет интегрировать способ очистки текучей среды в процедуру с замкнутым циклом и уменьшить количество отходов.

Согласно примеру осуществления настоящего изобретения ионный обмен в обратном направлении и ионный обмен в прямом направлении можно осуществлять в одном и том же блоке ионного обмена. В качестве альтернативы могут быть реализованы два отдельных блока ионного обмена: один для выполнения ионного обмена в прямом направлении и другой для выполнения ионного обмена в обратном направлении. Ионный обмен в обратном направлении также может быть осуществлен для регенерации блока ионного обмена после ионного обмена в прямом направлении и наоборот.

В одном варианте осуществления блок ионного обмена выполнен с возможностью обратного замещения по меньшей мере части ионов (в частности, по меньшей мере части анионов и/или по меньшей мере части катионов) после ионного обмена на соответственно другие ионы (в частности, анионы и катионы) путем выполнения ионного обмена после повторной концентрации. Дальнейший ионный обмен происходит между ионами реконцентрата или ретентата (который, например, не проходит через мембрану повторной концентрации или т.п., отделяется при термической обработке и т.д.) и соответственно другими анионами и/или катионами, которые были замещены в предварительно очищенной текучей среде выше по течению относительно блока повторной концентрации.

В одном варианте осуществления блок повторной концентрации выполнен с возможностью фильтрации предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена посредством мембраны повторной концентрации таким образом, что очищенная текучая среда проходит через мембрану повторной концентрации, а по меньшей мере часть замещенных ионов (в частности, анионы и катионы) задерживается мембраной повторной концентрации и, таким образом, реконцентрируется. Например, такая мембрана повторной концентрации может представлять собой мембрану нанофильтрации, мембрану ультрафильтрации, мембрану микрофильтрации и/или мембрану обратного осмоса. Однако могут быть применены и другие типы мембран. При осуществлении повторной концентрации с помощью мембраны повторной концентрации потребление энергии может быть очень низким.

Дополнительно или альтернативно для обеспечения работы мембраны повторной концентрации блок повторной концентрации может быть выполнен с возможностью осуществления повторной концентрации путем термической обработки текучей среды. Например, вид термической обработки может быть выбран из группы, состоящей из многоступенчатого выпаривания, многоколонной дистилляции и солнечной дистилляции.

Дополнительно или альтернативно для обеспечения работы мембраны повторной концентрации и/или термической обработки для повторной концентрации блок повторной концентрации может быть выполнен с возможностью осуществления повторной концентрации с применением по меньшей мере одного из группы, состоящей из мембранной дистилляции, парокомпрессионного опреснения, обработки замораживанием, электродиализа и процесса Ionenkraft ("ионная сила", реализованного компанией Saltworks Technologies).

В одном варианте осуществления устройство содержит блок гидравлического привода для нагнетания предварительно очищенной текучей среды, протекающей из блока ионного обмена в блок повторной концентрации. Такой блок гидравлического привода может представлять собой насос, обеспечивающий (или увеличивающий) силу нагнетания для перекачивания предварительно очищенной текучей среды в блок повторной концентрации и создающий достаточное давление.

В одном варианте осуществления по меньшей мере часть первых катионов и/или по меньшей мере часть первых анионов имеют абсолютное значение степени заряда в растворе, которое ниже абсолютного значения степени заряда по меньшей мере части вторых катионов и/или по меньшей мере части вторых анионов в растворе. В частности, по меньшей мере одно из первых катионов и первых анионов могут быть одновалентными катионами или анионами, а по меньшей мере одно из вторых катионов и вторых анионов могут быть многовалентным (в частности, двухвалентным) катионами или анионами. При такой конфигурации количество частиц может быть уменьшено в ходе прямого (т.е. в направлении от узла осмоса к блоку повторной концентрации) ионного обмена, что положительно влияет на эффективность повторной концентрации. Кроме того, осаждение также может быть упрощено за счет более высокой степени заряда, когда поверхностный заряд мембраны (дзета-потенциал мембраны) отталкивает соответствующим образом заряженные частицы, а обратно заряженные противоионы удерживаются благодаря эффекту исключения Доннана.

Дополнительно или альтернативно первые катионы меньше вторых катионов и/или первые анионы меньше вторых анионов. Следовательно, мембрана повторной концентрации блока повторной концентрации может содержать более крупные поры, что обуславливает повышение эффективности извлечения очищенной жидкости в блоке повторной концентрации, при этом отсутствует опасность того, что соответствующее количество (относительно больших) ионов случайно пройдет через мембрану повторной концентрации.

Дополнительно или альтернативно замещенные вторые ионы могут обладать лучшей способностью к термическому осаждению, чем первые ионы (например, H_2SO_3 в воде, которая разлагается в жидкости на H^+ и HSO_3^-). В более общем случае ионный обмен может быть настроен таким образом, чтобы он способствовал осуществлению процедуры повторной концентрации, например, обеспечивал ее большую эффективность.

В одном варианте осуществления первые анионы (Cl^-) и первые катионы (Na^+) представляют собой растворенный хлорид натрия (NaCl). Хлорид натрия обладает подходящими свойствами/поведением, способствующими осуществлению прямого осмоса. Хлорид натрия содержит одновалентные катионы и одновалентные анионы. Дополнительно или альтернативно вторые анионы (SO_4^{2-}) и вторые катионы (Mg^{2+}) могут представлять собой растворенный сульфат магния (MgSO_4). При замещении $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ и 2

$\text{Na}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ количество частиц в качестве соответствующего параметра (по меньшей мере, мембранной) повторной концентрации может быть предпочтительно уменьшено. Это приводит к уменьшению осмотического давления и, следовательно, снижению потребления энергии, в частности, при повторной концентрации. Как хлорид натрия (NaCl), так и сульфат магния (MgSO_4) являются неопасными, дешевыми и легкодоступными материалами. Однако в качестве альтернативы комбинации хлорида натрия и сульфата магния в других примерах осуществления может быть использована любая другая комбинация солей/ионных соединений (например, LiCl вместо NaCl).

В одном варианте осуществления устройство содержит блок выработки энергии, выполненный с возможностью выработки энергии во время работы устройства, в частности, на основании уровня осмотического давления в блоке осмоса. Когда уровень давления текучей среды в камере вытягивающего раствора повышается вследствие прямого осмоса, потенциальная энергия или энергия напора, участвующие в этом повышении уровня давления, могут, например, быть использованы для питания турбины энергией текучей среды, которая также протекает вниз. Например, процедура выработки энергии, которая может быть применена в примере осуществления настоящего изобретения, основана на остаточном осмотическом давлении.

В одном варианте осуществления блок выработки энергии выполнен с возможностью обеспечения по меньшей мере части выработанной энергии для работы устройства. Следовательно, по меньшей мере часть энергопотребления устройства может быть обеспечена за счет энергии, полученной в ходе очистки текучей среды. Это дополнительно снижает чистое потребление энергии во время работы устройства.

В одном варианте осуществления устройство содержит блок передачи давления (который может функционировать как блок рекуперации энергии), выполненный с возможностью передачи давления между (в частности, от) текучей средой, протекающей от блока повторной концентрации в блок ионного обмена, и (в частности, к) текучей средой, протекающей от блока ионного обмена к блоку повторной концентрации. В частности, высокое давление текучей среды, поступающей из блока повторной концентрации, может передаваться текучей среде с низким давлением, протекающей в направлении блока повторной концентрации. Такой блок передачи давления, пример которого показан на фиг. 2, может передавать давление между нисходящей и восходящей текучей средой с высоким коэффициентом полезного действия. Могут быть реализованы и другие способы рекуперации энергии, например, турбина, насос Пирсона (Pearson) (например, производимый компанией Spectra Watermakers) и т.д.

В одном варианте осуществления устройство выполнено в виде системы с замкнутым циклом, в которой анионы и катионы регенерируют и повторно используют в замкнутом цикле. Это обуславливает большую эффективность системы очистки текучей среды и уменьшение количества отходов.

В одном варианте осуществления устройство выполнено в виде по меньшей мере одного из группы, состоящей из установки для опреснения (такой как установка для опреснения морской воды или установка для опреснения оборотной воды), переносного (в частности, носимого в рюкзаке) устройства для мобильной очистки воды, устройства для очистки воды хозяйственно-бытового назначения, предназначенного для очистки воды, применяемой в здании, устройство для очистки воды для промышленного потребления, предназначенного для очистки воды, используемой на предприятии, устройство очистки воды сельскохозяйственного назначения и устройство для очистки шахтной воды. Однако возможны и другие варианты применения. В частности, устройство может быть использовано по существу для целей рециркуляции и переработки сточных вод, в частности для общественного водоснабжения и утилизации отходов (например, в муниципальном секторе).

Вышеописанные аспекты и дополнительные аспекты настоящего изобретения станут очевидными при рассмотрении примеров осуществления, которые будут описаны ниже, и пояснены со ссылкой на эти примеры осуществления.

Ниже изобретение будет описано более подробно со ссылкой на примеры осуществления, но настоящее изобретение не ограничено этими примерами осуществления.

На фиг. 1 представлено схематическое изображение устройства для очистки текучей среды согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 представлен блок передачи давления устройства согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

Иллюстрации на чертежах являются схематическими. На разных чертежах одинаковые или идентичные элементы обозначены одинаковыми ссылочными позициями.

Перед подробным описанием фигур будут обобщены некоторые основные концепции, на основе которых были разработаны примеры осуществления.

Примеры осуществления настоящего изобретения могут включать одну или более из следующих концепций:

в качестве способа очистки воды (в частности, для обработки или опреснения воды) может быть использован прямой осмос, в соответствующей системе подлежащая очистке способом прямого осмоса текучая среда может быть, но не обязательно, предварительно очищена или предварительно обработана;

с целью уменьшения осмотического давления вытягивающего раствора для мембранной повторной концентрации может быть реализован обратимый ионный обмен, например, в ходе ионного обмена мо-

жет происходить замена NaCl на MgSO₄, однако могут быть применены многие другие комбинации материалов, которые могут быть замещены путем обратимого ионного обмена, что позволяет получить преимущество при последующей повторной концентрации;

может быть реализована ступень повторной концентрации (предпочтительно, но не обязательно, мембранная и/или термическая);

в некоторых случаях механизм рекуперации энергии может быть объединен со способом очистки текущей среды (см. номер 118 позиции на фиг. 1);

в оптимальном варианте механизм выработки энергии может быть объединен со способом очистки текущей среды (см. номер 116 позиции на фиг. 1).

Согласно примеру осуществления настоящего изобретения предложена осмотическая обработка воды, которая может быть использована, например, для обработки питьевой воды, очистки сточных вод, опреснения морской воды (включая опреснение оборотной воды) и т.д., с высокой пропускной способностью и низким потреблением энергии. Примеры осуществления могут быть применены в коммунальном и промышленном водоснабжении и управлении очисткой сточных вод в горнодобывающей промышленности, в сельском хозяйстве, в военной сфере, в морском флоте и в пищевой промышленности. Кроме того, согласно примерам осуществления настоящего изобретения возможно применение на воздушных судах и космических аппаратах.

Согласно примеру осуществления изобретения преимущества системы заключаются в высокой энергетической эффективности и высокой надежности. Эксплуатация такой системы проста и требует приложения лишь небольших усилий с точки зрения требуемых навыков операторов (благодаря чему, в частности, система подходит для низкоразвитых регионов) и обслуживания (благодаря чему система подходит для сложных условий применения).

Количество химических веществ, требуемых для этого способа, очень мало, что обуславливает снижение издержек и загрязнения, а также уменьшение объема логистических операций. Ввиду того, что для осуществления этого способа достаточно небольших значений давления, в этой системе могут быть реализованы простые и эффективные по затратам компоненты. Небольшие значения давления могут быть достигнуты при использовании ионного обмена с многовалентными ионами, что обуславливает, в свою очередь, снижение осмотического давления вытягивающего раствора. Благодаря этому напорные трубы могут быть изготовлены из пластмассы, а не из стали. Могут быть реализованы простые клапаны и насосы, и т.д. По сравнению с системами термической очистки система для очистки текущей среды согласно примеру осуществления настоящего изобретения может быть реализована в любом требуемом месте, поскольку она не зависит от какого-либо дешевого источника тепла (например, тепла, рассеиваемого силовой установкой).

Функциональный принцип, включенный в пример осуществления настоящего изобретения, представляет собой физическое явление прямого осмоса, согласно которому, если растворы отделены друг от друга полупроницаемой мембраной, происходит уравнивание их концентраций.

Без разделительной мембраны растворенные частицы будут равномерно распределены по всему объему с обеих сторон камеры (под влиянием энтропии смешения). Это намеренно предотвращает путем обеспечения осмотической мембраны, имеющей размеры, позволяющие пропускать через мембрану только подлежащую очистке текущую среду (в частности, воду), но задерживать загрязняющие вещества и ионы, причем единственная возможность уравнивания заключается в разбавлении вытягивающего раствора с более высокой концентрацией до тех пор, пока разность концентраций не будет уравновешена или гидростатическое давление столба текущей среды со стороны разбавленного раствора не компенсирует осмотическое давление. Для этой цели в камере со стороны осмотической мембраны обеспечивают вытягивающий раствор, противопоставленный текущей среде, подлежащей очистке. Этот вытягивающий раствор должен иметь более высокую концентрацию ионов, чем раствор текущей среды, подлежащей фильтрации или очистке (т.е. исходной текущей среды). Наиболее предпочтительно, чтобы вытягивающий раствор мог быть реконцентрирован после каждого цикла, чтобы, таким образом, отделить полученную чистую текущую среду или готовую текущую среду. Это позволяет получать синергически очищенную жидкость и осуществлять повторную концентрацию осмотического агента (т.е. осмотически активного растворенного вещества в вытягивающем растворе). При такой рециркуляции по существу без потерь вытягивающего раствора может быть обеспечен процесс с замкнутым циклом.

Соответствующая система будет описана далее более подробно со ссылкой на фиг. 1.

На фиг. 1 представлено схематическое изображение устройства 100 для очистки текущей среды согласно примеру осуществления настоящего изобретения. Подлежащая очистке текущая среда протекает от источника 120 текущей среды в пространство 122 аккумуляирования с левой стороны осмотической мембраны 104.

Устройство 100 содержит блок 102 осмоса, выполненный с возможностью предварительной очистки подлежащей очистке текущей среды путем прямого осмоса подлежащей очистке текущей среды через осмотическую мембрану 104 в камеру 106, содержащую, в качестве вытягивающего раствора, растворенные первые катионы (в показанном варианте осуществления Na⁺) и первые анионы (в показанном варианте осуществления Cl⁻) первой растворенной соли (хлорида натрия, NaCl, в показанном варианте

осуществления). Осмотическая мембрана 104 представляет собой полупроницаемую мембрану, которая выполнена (в частности, с точки зрения размера пор или дзета-потенциала) таким образом, что через нее может проходить вода в качестве подлежащей очистке текучей среды, причем полупроницаемая мембрана выполнена таким образом, что через нее не могут проходить загрязняющие вещества, содержащиеся в подлежащей очистке исходной текучей среде, и через нее не могут проходить первые катионы и первые анионы вытягиваемого раствора. Первые катионы и первые анионы, которые растворены в жидкостеносителе, такой как вода, перед началом процесса очистки текучей среды расположены в камере 106. Например, в случае опреснения морской воды исходная текучая среда может представлять собой морскую воду с загрязняющими веществами и, кроме того, может содержать растворенный хлорид натрия, т.е. также может содержать определенную концентрацию первых катионов (Na^+) и первых анионов (Cl^-). Однако концентрация ионов (т.е. катионов и анионов) должна быть большей в камере 106 (например, 5% или более) по сравнению с их концентрациями в исходной текучей среде (например, 3% или менее). Блок 102 прямого осмоса выполнен с возможностью обеспечения, благодаря явлению прямого осмоса, протекания подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану 104, в то же время препятствуя прохождению загрязняющих веществ из подлежащей очистке текучей среды в направлении камеры 106, а также прохождению первых катионов и первых анионов через осмотическую мембрану 104 в направлении подлежащей очистке текучей среды. Это обуславливает прохождение чистой воды через осмотическую мембрану 104, как показано стрелками 124, и в то же время приводит к тому, что загрязняющие вещества из исходной текучей среды (которые также могут быть обозначены как подаваемый раствор, подаваемая вода или подаваемая текучая среда) остаются в пространстве 122 аккумуляции.

Как указано номером 126 позиции, обработанная таким образом предварительно очищенная текучая среда вместе с растворенным хлоридом натрия (Na^+ , Cl^-) протекает в блок 108 ионного обмена. Блок 108 ионного обмена выполнен с возможностью замещения первых катионов (Na^+) вторыми катионами (Mg^{2+}) и замещения первых анионов (Cl^-) вторыми анионами (SO_4^{2-}). Таким образом, этот ионный обмен обеспечивает замещение одновалентных малых ионов двухвалентными более крупными ионами, что оказывает заметное положительное влияние на осмотическое давление (точнее, преимущественно уменьшает его) и поэтому повышает эффективность повторной концентрации, как описано ниже. Для специалиста в данной области техники будет очевидно, что ионы и/или отношения валентности могут быть и другими.

После этого первичного ионного обмена предварительно очищенную с помощью ионного обмена текучую среду направляют через блок 118 передачи давления в блок 110 повторной концентрации, как указано номерами 128, 132 позиций. Блок 118 передачи давления, подробно показанный на фиг. 2, выполнен с возможностью передачи давления между двумя встречными течениями текучей среды между блоком 108 ионного обмена и блоком 110 повторной концентрации и выполняет функцию компонента изобарической рекуперации энергии.

Кроме того, устройство 100 содержит блок 114 гидравлического привода, такой как насос, для повышения давления предварительно очищенной текучей среды, протекающей из блока 108 ионного обмена в блок 110 повторной концентрации.

Согласно примеру осуществления настоящего изобретения блок 118 передачи давления и блок 114 гидравлического привода могут быть выполнены за одно целое как один общий элемент, т.е. как насос со встроенной функцией рекуперации энергии, выполняющий задачи передачи давления между текучей средой, протекающей выше и ниже по течению, и нагнетания текучей среды в направлении вверх по течению (например, насос Кларка (Clark) или насос Пирсона (Pearson), производимый компанией Spectra Watermakers).

Блок 110 повторной концентрации выполнен с возможностью разделения предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена на очищенную текучую среду (которую также можно назвать пермеатом, очищенной водой или очищенной текучей средой) и на реконцентрат (который также можно назвать ретентатом), обогащенный соответствующими вторыми катионами (Mg^{2+}) и вторыми анионами (SO_4^{2-}). Повторную концентрацию осуществляют после ионного обмена путем фильтрации предварительно очищенной текучей среды с помощью мембраны 112 повторной концентрации (и/или термическим способом), например, мембраны нанофильтрации, блока 110 повторной концентрации таким образом, что очищенная текучая среда проходит через мембрану 112 повторной концентрации и может быть передана потребителю 130, например, конечному пользователю, потребляющему очищенную воду.

Другую часть текучей среды, характеризуемую высокой концентрацией вторых катионов (Mg^{2+}) и вторых анионов (SO_4^{2-}), задерживает мембрана 112 повторной концентрации. Эту другую часть текучей среды, характеризуемую высокой концентрацией вторых катионов и вторых анионов и задерживаемую мембраной 112 повторной концентрации, затем возвращают через блок 118 передачи давления в блок 108 ионного обмена, см. номера позиций 134, 136. Затем в вышеупомянутом блоке 108 ионного обмена происходит обратное замещение вторых анионов первыми анионами ($\text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{Cl}^-$) и вторых катионов первыми катионами ($\text{Mg}^{2+} \rightarrow 2 \text{Na}^+$) в последующей процедуре ионного обмена после описанной повторной концентрации. Таким образом, блок 108 ионного обмена наиболее предпочтительно выполнен с воз-

возможностью обратимого замещения ионов перед повторной концентрацией и после повторной концентрации. Таким образом, устройство 100 функционирует как система с замкнутым циклом, в которой анионы и катионы непрерывно и многократно регенерируют и повторно используют в замкнутом цикле без необходимости подачи нового вытягивающего раствора в систему для каждой партии подлежащей очистке воды.

Как указано номером 138 позиции, регенерированный вытягивающий раствор затем возвращают в камеру 106, где его можно использовать для очистки новой порции подлежащей очистке воды, доставленной от источника 120 текучей среды.

Текущую среду с загрязняющими веществами, которая была подана в аккумулирующую емкость 122 и которая не прошла через осмотическую мембрану 104, направляют в отвод 140, например, в емкость сбора сточных вод. Кроме того, текучая среда с загрязняющими веществами может пройти новый цикл очистки.

В некоторых случаях может быть предусмотрен блок 116 выработки энергии, выполненный с возможностью генерирования энергии вследствие осмотического повышения уровня давления в блоке 102 осмоса (в частности, со стороны вытягивающего раствора). Другими словами, соответствующее повышение давления в вытягивающем растворе характеризуется энергией, которая может быть использована. Настоящим ссылаемся на US 3906250. Как схематично указано различными стрелками на фиг. 1, блок 116 выработки энергии выполнен с возможностью подачи сгенерированной энергии для работы одного или более различных компонентов устройства 100.

Далее работа устройства 100 будет описана более подробно.

Очищенная вода втягивается в блоке 102 осмоса со стороны загрязненной исходной воды (левая сторона осмотической мембраны 104 согласно фиг. 1) на сторону вытягивающего раствора (правая сторона осмотической мембраны 104 согласно фиг. 1) и, таким образом, разбавляет вытягивающий раствор в камере 106.

В некоторых случаях эта процедура может быть скомбинирована с применением остаточного осмотического давления для выработки энергии. Например, эта энергия может быть использована в качестве энергии для функционирования, подаваемой на один или более компонентов устройства 100.

Разбавленный вытягивающий раствор, полученный в камере 106 после осуществления прямого осмоса, затем протекает через блок 108 ионного обмена. Во время выполнения соответствующей процедуры ионного обмена легкие и одновалентные ионы (Na^+ , Cl^-) вытягивающего раствора замещаются более крупными и двухвалентными (или в более общем смысле многовалентными, например, трехвалентными) ионами (Mg^{2+} , SO_4^{2-}). В результате этого осмотическое давление вытягивающего раствора значительно уменьшается. В примере ионов согласно фиг. 1 два иона Na^+ могут связываться с одним ионом SO_4^{2-} , а два иона Cl^- могут связываться с одним ионом Mg^{2+} , что позволяет уменьшить количество растворенных частиц в два раза, из-за чего, следовательно, осмотическое давление может уменьшаться в два раза.

При последующей мембранной повторной концентрации это приводит к сильному снижению требуемого гидравлического давления и, следовательно, потребления энергии. При реализации других блоков 110 повторной концентрации (т.е. отличных от блоков 110 повторной концентрации на основе мембран) конфигурация блока 108 ионного обмена может быть адаптирована для получения соответствующих преимуществ, которые не связаны со снижением осмотического давления. Примером термической повторной концентрации является обмен ионами, которые могут быть осаждены термическим способом при более низкой температуре, чем ионы, используемые в блоке 102 осмоса. Соответствующим примером может служить $\text{CO}_2\text{-NH}_3$.

Вариант осуществления настоящего изобретения, в котором ионный обмен является обратимым, является очень предпочтительным, хотя и не обязательным.

Затем раствор с замещенными ионами протекает через блок 118 передачи давления. Блок 118 передачи давления передает (предпочтительно достаточно большой, например, более 50%) некоторый процент (например, 97%) давления жидкостного течения концентрата (вытекающего из блока 110 повторной концентрации) обратно в блок 108 ионного обмена) разбавленному вытягивающему раствору (вытекающему из блока 108 ионного обмена в блок 110 повторной концентрации).

Протекающая в прямом направлении предварительно очищенная вода затем проходит через блок 114 гидравлического привода, который может представлять собой вспомогательный насос для обеспечения требуемого или желаемого остаточного давления (т.е. разности между требуемым давлением и давлением протекающей в прямом направлении предварительно очищенной воды на выходе блока 118 передачи давления).

Затем протекающая в прямом направлении предварительно очищенная вода поступает на мембрану 112 повторной концентрации. Еще одна камера 150, в которой расположена мембрана 112 повторной концентрации и в которой протекающая в прямом направлении предварительно очищенная вода протекает через выпуск 152 текучей среды, имеет два выпуска 154, 156 текучей среды.

Пермеат, т.е. чистая вода (конечный продукт), протекает к потребителю 130 через выпуск 154.

Однако концентрат (или ретентат) протекает обратно через выпуск 156 в блок 118 передачи давления и передает все еще присутствующее давление с небольшими потерями разбавленному вытягиваю-

шему раствору, протекающему из блока 108 ионного обмена в блок 110 реконденсации для его предварительного нагружения с точки зрения давления, для блока 110 повторной концентрации. Кроме того, давление может быть использовано для приведения в движение турбины для генерирования электрического тока, подано на нагнетатель и т.д.

После выхода из блока 118 передачи давления концентрат протекает, предпочтительно, но не обязательно, в направлении, противоположном направлению протекания разбавленного вытягивающего раствора, второй раз через обратимо действующий блок 108 ионного обмена и замещает двухвалентные ионы (Mg^{2+} , SO_4^{2-}) исходными одновалентными ионами (Na^+ , Cl^-). Вследствие этого повышается (например, удваивается) осмотическое давление в вытягивающем растворе.

И наконец, концентрат протекает обратно в блок 102 осмоса, и цикл начинается снова с самого начала.

Далее отдельные этапы процедуры и компоненты устройства 100 будут описаны более подробно.

Для блока 102 осмоса применима любая конфигурация, которая основана на принципе прямого осмоса, т.е. при которой более концентрированный раствор экстрагирует растворитель, такой как вода, из раствора с более низкой концентрацией. Это может быть достигнуто с помощью специально приготовленного вытягивающего раствора (как, например, на фиг. 1), хотя однако также можно реализовать осмотическое разбавление, осмотическую рекуперацию энергии или т.п. Однако осмос должен сочетаться с (предпочтительно обратимым) ионным обменом и последующей повторной концентрацией. Например, можно разбавить подлежащую очистке текучую среду (например, воду) вспомогательной текучей средой (например, отработанной или сточной водой), имеющей более низкое осмотическое давление, таким образом, чтобы очистка (например, опреснение) смеси имеющейся подлежащей очистке текучей среды и вспомогательной текучей среды могла быть затем выполнена с помощью менее концентрированной текучей среды.

Что касается (предпочтительно обратимого) ионного обмена, осуществляемого в блоке 108 ионного обмена, предпочтительно выполнять ионный обмен без раствора для наружной или отдельной регенерации путем пропускания раствора, полученного в блоке 110 повторной концентрации (при необходимости после процесса концентрирования), второй раз через блок 108 ионного обмена (предпочтительно, но не обязательно в направлении, противоположном начальному направлению течения). Предпочтительно устройство 100 может в каждом цикле подавать искусственно выработанный очищенный разбавленный вытягивающий раствор с заданной, воспроизводимой и всегда идентичной композицией в блок 108 ионного обмена.

Для регенерации или повторной концентрации вытягивающего раствора может быть реализована мембрана 112 повторной концентрации, которая удерживает растворенные ионы в блоке 110 повторной концентрации путем фильтрации, чтобы эти ионы были доступны для регенерации при процедуре обратимого ионного обмена. Например, в этом контексте может быть выполнена одна из следующих процедур мембранного разделения: нанофильтрация, обратный осмос (например, адаптированный в виде обратного осмоса морской воды или обратного осмоса оборотной воды), ультрафильтрация, микрофильтрация и т.д.

Однако для повторной концентрации также может быть реализован термический процесс, который может включать дистилляцию. Например, может быть применена многоступенчатая дистилляция выпариванием с понижением давления, многоколонная дистилляция и/или солнечная дистилляция. В альтернативном варианте осуществления повторная концентрация может быть осуществлена путем мембранной дистилляции, парокомпрессионного опреснения, замораживания, электродиализа или процессом Ionkraft. В случае применения таких процедур немембранной повторной концентрации в ходе ионного обмена в блоке 108 ионного обмена может происходить замещение осмотического агента ионами, что оказывает положительное влияние на последующую повторную концентрацию. В качестве примера при термической повторной концентрации первичные ионы могут быть замещены вторичными ионами, которые могут быть осаждены при более низкой температуре.

Как упомянуто выше, в некоторых случаях в способ очистки текучей среды может быть включена процедура рекуперации энергии. Примерами такой рекуперации энергии являются устройство изобарической рекуперации энергии (например, в виде блока 118 передачи давления), турбина для генерирования электрического тока, турбонагнетатель, насос (который может предпочтительно заменять блок 114 гидравлического привода) с интегрированной функцией рекуперации энергии (например, насос Кларка (Clark) или насос Пирсона (Pearson), производимый компанией Spectra Watermakers).

На фиг. 2 представлен блок 118 передачи давления устройства 100 согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

Принцип работы блока 118 передачи давления в качестве примера для компонента рекуперации энергии согласно примеру осуществления настоящего изобретения является следующим.

Концентрат протекает через блок 118 передачи давления и при выходе из него имеет определенную величину (например, приблизительно 95%) требуемого давления на впуске блока 110 повторной концентрации (в предыдущем цикле концентрат при выходе из блока 110 повторной концентрации характеризовался, например, величиной давления приблизительно 98% давления на впуске, а блок 118 передачи

давления может иметь коэффициент полезного действия 97%).

Блок 118 передачи давления, показанный на фиг. 1 и фиг. 2, представляет собой компонент изобарической передачи энергии, который передает гидравлическое давление от одного потока текучей среды другому потоку текучей среды. Такая процедура может быть выполнена со значительно большим коэффициентом полезного действия, как если бы требовалось преобразование типа энергии.

Как видно из фиг. 2, между первичной текучей средой, протекающей из блока 108 ионного обмена в блок 110 повторной концентрации (см. номера 128, 132 позиций), и вторичной текучей средой, протекающей из блока 110 повторной концентрации в блок 108 ионного обмена (см. номера 134, 136 позиций), происходит передача давления. Внутри кожуха 202 (такого как цилиндр) расположен вращающийся поршень (не показан). Стрелки 204 указывают соответствующую текучую среду под давлением, а стрелки 206 указывают соответствующую текучую среду в состоянии без давления или низкого давления.

В варианте осуществления, в котором не требуется рекуперация энергии, предпочтительно реализовать клапан обратного давления (в некоторых случаях в сочетании с предохранительным клапаном), в частности, когда блок 110 повторной концентрации на основе мембраны должен быть реализован в устройстве 100.

В качестве альтернативы конфигурации, показанной на фиг. 2, можно, например, реализовать турбину, нагнетатель, насос Кларка (Clark) и/или насос Пирсона (Pearson) (например, производимый компанией Spectra Watermakers).

Следует отметить, что термин "содержащий" не исключает другие элементы или этапы, а неопределенный артикль "a" или "an" не исключает множество. Кроме того, элементы, описанные в отношении различных вариантов осуществления, могут быть объединены.

Следует отметить, что любые ссылочные позиции в формуле изобретения не должны быть истолкованы как ограничивающие объем настоящего изобретения.

Реализация настоящего изобретения не ограничивается показанными на чертежах и описанными выше предпочтительными вариантами осуществления. Напротив, возможно множество вариантов, в которых применены показанные решения и принцип согласно настоящему изобретению даже в случае принципиально различных вариантов осуществления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство (100) для очистки текучей среды, содержащее:

блок (102) осмоса, выполненный с возможностью предварительной очистки подлежащей очистке текучей среды путем прямого осмоса подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану (104) в камеру (106), содержащую растворенные первые ионы, в частности, первые катионы и первые анионы;

блок (108) ионного обмена, выполненный с возможностью замещения по меньшей мере части первых ионов, в частности, по меньшей мере части по меньшей мере одних из первых катионов и первых анионов, вторыми ионами, в частности, по меньшей мере одними из вторых катионов и вторых анионов;

блок (110) повторной концентрации, выполненный с возможностью разделения предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена на очищенную текучую среду и на реконцентрат, обогащенный соответствующими ионами, в частности, анионами и катионами;

при этом по меньшей мере часть первых ионов, в частности, по меньшей мере одни из первых катионов и первых анионов, характеризуется абсолютным значением степени заряда в растворе, которое ниже абсолютного значения степени заряда по меньшей мере части вторых ионов, в частности, по меньшей мере одних из вторых катионов и вторых анионов, в растворе.

2. Устройство (100) по п.1, в котором блок (102) осмоса выполнен с возможностью обеспечения протекания подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану (104) и одновременного препятствования прохождению загрязняющих веществ из подлежащей очистке текучей среды в направлении камеры (106), а также одновременного препятствования прохождению первых ионов, в частности, первых катионов и первых анионов, через осмотическую мембрану (104) в направлении подлежащей очистке текучей среды.

3. Устройство (100) по п.1 или 2, в котором блок (108) ионного обмена выполнен с возможностью замещения по меньшей мере части первых анионов вторыми анионами и/или по меньшей мере части первых катионов вторыми катионами.

4. Устройство (100) по любому из пп.1-3, в котором блок (108) ионного обмена выполнен с возможностью обратимого замещения по меньшей мере части ионов, в частности, по меньшей мере части из по меньшей мере одних из анионов и катионов, перед повторной концентрацией и после повторной концентрации.

5. Устройство (100) по любому из пп.1-4, в котором блок (108) ионного обмена выполнен с возможностью обратного замещения по меньшей мере части ионов, в частности, по меньшей мере части по меньшей мере одних из анионов и катионов, после ионного обмена на соответственно другие ионы, в частности, соответственно другие анионы и катионы, путем выполнения дополнительного обратного

ионного обмена, предпочтительно в том же блоке (108) ионного обмена, при работе с точки зрения ионного обмена перед повторной концентрацией, после повторной концентрации.

6. Устройство (100) по любому из пп.1-5, в котором блок (110) повторной концентрации выполнен с возможностью фильтрации предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена посредством мембраны (112) повторной концентрации таким образом, что очищенная текучая среда проходит через мембрану (112) повторной концентрации, а по меньшей мере часть замещенных ионов, в частности анионов и катионов, задерживается мембраной (112) повторной концентрации.

7. Устройство (100) по п.6, в котором блок (110) повторной концентрации содержит по меньшей мере одну мембрану из группы, включающей мембрану нанофильтрации, мембрану ультрафильтрации, мембрану микрофильтрации и мембрану обратного осмоса.

8. Устройство (100) по любому из пп.1-7, в котором блок (110) повторной концентрации выполнен с возможностью осуществления повторной концентрации путем термической обработки текучей среды, в частности, путем термической обработки, выбранной из группы, включающей многоступенчатое выпаривание, многоколонную дистилляцию и солнечную дистилляцию.

9. Устройство (100) по любому из пп.1-8, содержащее по меньшей мере один из следующих признаков:

блок (110) повторной концентрации выполнен с возможностью осуществления повторной концентрации с применением по меньшей мере одного из группы, включающей мембранную дистилляцию, парокомпрессионное опреснение, обработку замораживанием, электродиализ и процесс Ionkraft;

содержит блок (114) гидравлического привода, выполненный с возможностью обеспечения или усиления движущей силы, действующей на предварительно очищенную текучую среду, протекающую от блока (108) ионного обмена в направлении блока (110) повторной концентрации;

по меньшей мере часть первых ионов, в частности, по меньшей мере одни из первых катионов и первых анионов, являются одновалентными ионами, в частности катионами или анионами, а по меньшей мере часть вторых ионов, в частности, по меньшей мере одни из вторых катионов и вторых анионов, являются многовалентными, в частности двухвалентными, ионами, в частности катионами или анионами;

первые катионы и вторые катионы выбирают в соответствии со свойствами ионов, в частности, в соответствии со свойствами термоосаждения, чтобы повысить эффективность повторной концентрации в блоке (110) повторной концентрации;

первые катионы меньше вторых катионов и/или первые анионы меньше вторых анионов;

первые анионы и первые катионы представляют собой растворенный хлорид натрия;

вторые анионы и вторые катионы представляют собой растворенный сульфат магния;

а блок (108) ионного обмена выполнен с возможностью обратимого замещения по меньшей мере части первых ионов вторыми ионами, в частности, блок (108) ионного обмена выполнен с возможностью регенерации с помощью реконцентрата.

10. Устройство (100) по любому из пп.1-9, содержащее блок (116) выработки энергии, выполненный с возможностью выработки энергии во время работы устройства (100), в частности, на основании уровня осмотического давления в блоке (102) осмоса.

11. Устройство (100) по п.10, в котором блок (116) выработки энергии выполнен с возможностью подачи выработанной энергии для обеспечения работы устройства (100).

12. Устройство (100) по любому из пп.1-11, содержащее блок (118) передачи давления, характеризуемый по меньшей мере одним из следующих признаков:

блок (118) передачи давления выполнен с возможностью передачи давления между текучей средой, протекающей от блока (110) повторной концентрации в блок (108) ионного обмена, или от указанной текучей среды, и текучей средой, протекающей от блока (108) ионного обмена к блоку (110) повторной концентрации, или к указанной текучей среде;

блок (118) передачи давления содержит по меньшей мере одно из группы, включающей турбину, нагнетатель, насос Кларка и насос Пирсона.

13. Устройство (100) по любому из пп.1-12, выполненное в виде системы с замкнутым циклом, в которой по меньшей мере часть ионов, в частности, по меньшей мере часть анионов и/или по меньшей мере часть катионов, регенерируют и повторно используют в замкнутом цикле.

14. Устройство (100) по любому из пп.1-13, выполненное в виде по меньшей мере одного из группы, состоящей из установки для опреснения морской воды, установки для опреснения оборотной воды, переносного, в частности, носимого в рюкзаке, устройства для портативной очистки воды, устройства для очистки воды хозяйственно-бытового назначения, предназначенного для очистки воды, применяемой в здании, устройства для очистки воды для промышленного потребления, предназначенного для очистки воды, используемой на предприятии, устройства очистки воды сельскохозяйственного назначения, устройства для очистки шахтной воды, коммунального устройства (100) для очистки текучей среды, корабельного устройства (100) для очистки текучей среды, применяемого на летательных аппаратах устройства (100) для очистки текучей среды и применяемого на космическом аппарате устройства (100) для очистки текучей среды.

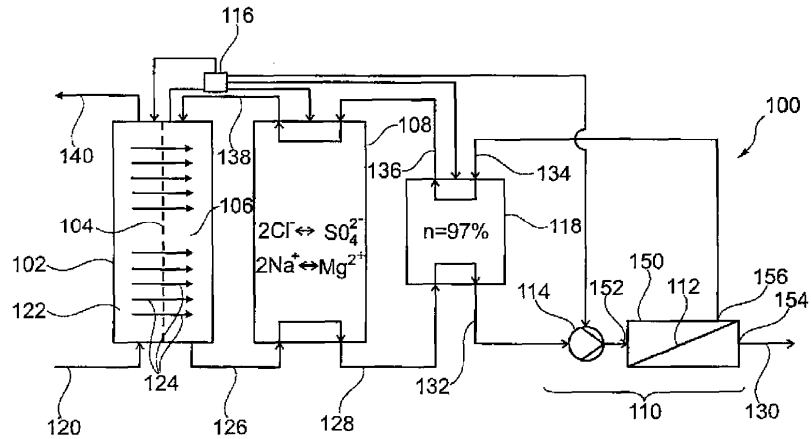
15. Способ очистки текучей среды, включающий:

предварительную очистку подлежащей очистке текучей среды путем прямого осмоса подлежащей очистке текучей среды через осмотическую мембрану (104) в камеру (106), содержащую растворенные первые ионы, в частности, первые катионы и первые анионы;

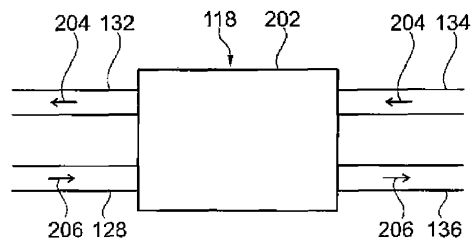
последующее замещение по меньшей мере части первых ионов, в частности, по меньшей мере части по меньшей мере одних из первых катионов и первых анионов, вторыми ионами, в частности, по меньшей мере одними из вторых катионов и вторых анионов, с помощью блока (108) ионного обмена;

разделение предварительно очищенной текучей среды после ионного обмена на очищенную текучую среду и на реконцентрат, обогащенный соответствующими ионами, в частности, анионами и катионами;

при этом по меньшей мере часть первых ионов, в частности, по меньшей мере одних из первых катионов и первых анионов, характеризуется абсолютным значением степени заряда в растворе, которое ниже абсолютного значения степени заряда по меньшей мере части вторых ионов, в частности, по меньшей мере одних из вторых катионов и вторых анионов, в растворе.



Фиг. 1



Фиг. 2

