

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **025403**(13) **B1**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2016.12.30**

(21) Номер заявки  
**201391569**

(22) Дата подачи заявки  
**2012.04.24**

(51) Int. Cl. **B01D 65/08** (2006.01)  
**B01D 61/58** (2006.01)  
**B01D 61/02** (2006.01)  
**B01D 61/00** (2006.01)

---

### (54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ОСМОТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

---

(31) **61/478,768; 61/479,187; 61/597,371**

(32) **2011.04.25; 2011.04.26; 2012.02.10**

(33) **US**

(43) **2014.06.30**

(86) **PCT/US2012/034801**

(87) **WO 2012/148911 2012.11.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОАСИС УОТЕР, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Макджиннис Роберт (US)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

(56) **NL-C2-1035431**  
**WO-A1-2005012185**  
**WO-A2-2009155596**  
**US-A1-2005145568**

(57) Описаны способы разделения с использованием управляемых осмосом мембранных систем, в общем случае включая извлечение растворителя из первого раствора с целью обогащения растворенного вещества с использованием второго обогащенного раствора для вытягивания растворителя из первого раствора через полупроницаемую мембрану. Увеличение производительности может происходить в результате использования низкокачественного отработанного тепла, полученного от промышленных или коммерческих источников. Предварительная очистка и доочистка также могут способствовать увеличению эффективности управляемых осмосом мембранных способов.

**B1****025403****025403****B1**

### Область техники

Один или более аспектов относятся в общем случае к осмотическому разделению. В частности, один или более аспектов включают использование управляемых осмосом мембранных способов, таких как прямой осмос, для выделения растворенных веществ из растворов.

### Уровень техники

Прямой осмос был использован для опреснения. В общем случае способ опреснения с использованием прямого осмоса включает емкость, имеющую две камеры, разделенные полупроницаемой мембраной. Одна камера содержит морскую воду. Другая камера содержит обогащенный раствор, который вызывает появление градиента концентрации между морской водой и обогащенным раствором. Этот градиент приводит к вытягиванию воды из морской воды через мембрану, которая обеспечивает возможность селективного прохождения воды, но не солей, в обогащенный раствор. Постепенно вода, проникающая в обогащенный раствор, разбавляет раствор. Растворенные вещества удаляются затем из разбавленного раствора с целью получения питьевой воды.

Одним из недостатков систем прямого осмоса являются явления ионного обмена, которые нарушают ионный баланс системы. Например, в системе, использующей вытягивающий раствор на основе  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$  и питающий раствор на основе  $\text{NaCl}$ , будет происходить обмен ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{NH}_4^+$  через мембрану, что может привести в результате к получению прошедшей обработку воды с большей соленостью и усложнению восстановления вытягивающих растворенных веществ. В некоторых блоках опреснительных установок в настоящее время используется ионный обмен или подобные процессы для проведения предварительной очистки и доочистки; однако, такое использование, как правило, выполняется с целью дальнейшей обработки прошедшего обработку растворителя, а не в качестве попытки преодоления указанных недостатков, в частности касающихся восстановления вытягивающих растворенных веществ.

### Сущность изобретения

Аспекты в общем случае относятся к управляемым осмосом мембранным системам и способам, включающим разделение с помощью прямого осмоса (ПО), обогащение с помощью прямого осмоса (ОПО), стимулированный давлением прямой осмос и замедляемый давлением осмос (ЗДО).

В одном аспекте изобретение относится к управляемому осмосом мембранному способу и способу поддержания ионного баланса в нем. Способ включает стадии введения первого раствора с первой стороны мембраны прямого осмоса и введения обогащенного вытягивающего раствора со второй стороны мембраны прямого осмоса. Обогащенный вытягивающий раствор имеет концентрацию растворенного вещества, достаточную для поддержания осмотического градиента концентрации через мембрану. Способ также включает стимулирование протекания растворителя от первого раствора через мембрану, что тем самым приводит к образованию второго раствора с первой стороны мембраны прямого осмоса и разбавленного вытягивающего раствора со второй стороны мембраны прямого осмоса. Вторым раствором включает по меньшей мере один первый вид ионов растворенного вещества (например, аммония), полученных посредством обратного ионного обмена через мембрану. Кроме того, способ включает направление разбавленного вытягивающего раствора в систему разделения и разделение разбавленного вытягивающего раствора на вытягивающие растворенные вещества и растворитель. Восстановленный растворитель включает по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества; например, ионы натрия ( $\text{Na}^+$ ), которые подверглись обмену через мембрану прямого осмоса, и/или карбонат-ионы, которые остаются в восстановленном растворителе вследствие ионного дисбаланса, который препятствует восстановлению всего количества вытягивающих растворенных веществ из разбавленного вытягивающего раствора. Ионный дисбаланс может быть результатом ионного обмена, проходящего через мембрану прямого осмоса. Способ также включает стадии рециркуляции вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор, вводимый со второй стороны мембраны прямого осмоса с целью поддержания в ней осмотического градиента концентрации, направления восстановленного растворителя в систему обратного осмоса, создания давления на восстановленный растворитель с целью получения очищенного растворителя и обогащенного раствора, содержащего по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, и введения обогащенного раствора в первый раствор, введенный с первой стороны мембраны прямого осмоса. Второй вид ионов растворенного вещества уравнивается с первым видом ионов растворенного вещества во втором растворе с образованием дополнительного количества удаляемых вытягивающих растворенных веществ во втором растворе. В частности, различные виды положительно и отрицательно заряженных ионов растворенных веществ пребывают во втором растворе с соблюдением равновесия зарядов. Второй раствор затем направляется в систему разделения/рециркуляции с целью восстановления дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ. Первый вид ионов растворенного вещества (или его форма) в сочетании со вторым видом ионов растворенного вещества (или его формой) делает удаляемым из второго раствора каждый вид вытягивающего растворенного вещества.

Как вариант, обогащенный раствор из блока обратного осмоса может быть введен во второй раствор с первой стороны мембраны, второй раствор в системе разделения/рециркуляции и/или второй раствор в момент его перекачивания от первой стороны мембраны в систему разделения/рециркуляции. В некоторых вариантах воплощения обогащенный раствор из блока обратного осмоса может иметь боль-

шее значение общего количества растворенных твердых веществ (ОКРТВ), чем первый раствор, в этом случае будет предпочтительным введение обогащенного раствора во второй раствор ниже по потоку от блока прямого осмоса, тем самым избегая возможного отрицательного влияния большего значения ОКРТВ на блок прямого осмоса. В некоторых случаях второй раствор может содержать добавочный аммоний, полученный из других источников, который также может быть восстановлен с помощью описываемых систем и способов.

В другом аспекте изобретение относится к способу увеличения до максимума восстановление вытягивающего растворенного вещества в управляемой осмосом мембранной системе. Способ включает стадии обеспечения первой управляемой осмосом мембранной системой, имеющей мембрану прямого осмоса и сконфигурированной для принятия первого раствора с первой стороны мембраны и обогащенного вытягивающего раствора со второй стороны мембраны, осмотического отделения растворителя от первого раствора с использованием обогащенного вытягивающего раствора, тем самым образуя второй раствор с первой стороны мембраны и разбавленный вытягивающий раствор со второй стороны мембраны. Второй раствор включает по меньшей мере один первый вид ионов растворенного вещества, полученный посредством обратного ионного обмена через мембрану. Разбавленный вытягивающий раствор может быть направлен в систему разделения/рециркуляции для осуществления дальнейшей обработки. Способ также включает разделение разбавленного вытягивающего раствора с целью восстановления по меньшей мере одного вытягивающего растворенного вещества и растворителя. Восстановленное растворенное вещество включает по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества. Способ дополнительно включает стадии рециркуляции восстановленного по меньшей мере одного вытягивающего растворенного вещества в первую управляемую осмосом мембранную систему; обеспечения второй управляемой осмосом мембранной системой, имеющей мембрану обратного осмоса; создания давления на восстановленный растворитель во второй управляемой осмосом мембранной системе с целью восстановления в значительной степени чистого растворителя и обогащенного раствора, включающего по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества; и рециркуляции обогащенного раствора, имеющего по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, в первую управляемую осмосом мембранную систему. Обогащенный раствор добавляется в первый раствор, тем самым приводя в результате к образованию второго раствора, включающего по меньшей мере один первый вид ионов растворенного вещества и по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества. По меньшей мере, один первый вид растворенного вещества уравнивается по меньшей мере с одним вторым видом растворенного вещества с образованием дополнительного количества удаляемых вытягивающих растворенных веществ. Способ включает стадию разделения второго раствора с целью восстановления дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ и третьего раствора. Второй раствор может быть направлен во вторую систему разделения/рециркуляции, или стадия разделения может быть осуществлена с использованием той же самой системы разделения/рециркуляции, которая используется с разбавленным вытягивающим раствором. В различных вариантах воплощения вышеупомянутых аспектов способ включает стадию рециркуляции дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор. В одном или более вариантах воплощения стадия разделения разбавленного вытягивающего раствора содержит перегонку. Обогащенный вытягивающий раствор может включать по меньшей мере одно термически удаляемое вытягивающее растворенное вещество и/или содержать аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении по меньшей мере 1:1. В еще одном аспекте изобретение относится к системе осмотического извлечения растворителя из первого раствора. Система включает систему прямого осмоса с первой камерой, которая имеет впускное отверстие, находящееся в сообщении посредством текучей среды с источником первого раствора, второй камерой, которая имеет впускное отверстие, находящееся в сообщении посредством текучей среды с источником обогащенного вытягивающего раствора, и полупроницаемой мембранной системой, которая отделяет первую камеру от второй камеры; первую систему разделения, связанную посредством текучей среды с системой прямого осмоса ниже по потоку от второй камеры и сконфигурированную так, чтобы принимать от нее разбавленный вытягивающий раствор и осуществлять разделение разбавленного вытягивающего раствора на вытягивающие растворенные вещества и поток растворителя; устройство обмена давлений (например, насос), связанное посредством текучей среды с системой разделения и сконфигурированное так, чтобы создавать давление и перекачивать поток растворителя; систему обратного осмоса, связанную посредством текучей среды с устройством обмена давлений, при этом система обратного осмоса включает первую камеру, сконфигурированную так, чтобы принимать поток растворителя, находящегося под давлением, полупроницаемую мембрану, соединенную с первой камерой, и вторую камеру, соединенную с полупроницаемой мембраной и сконфигурированную так, чтобы принимать растворитель, текущий через мембрану. Первая камера блока обратного осмоса связана посредством текучей среды с первой камерой блока прямого осмоса с целью подачи, по меньшей мере, части первого раствора. Система также включает вторую систему разделения, связанную посредством текучей среды с первой камерой системы прямого осмоса и сконфигурированную так, чтобы принимать обогащенный первый раствор от нее и осуществлять удаление по меньшей мере одного из вытягивающих растворенных веществ и потока, прошедшего обработку, из обогащенного первого раствора.

В еще одном аспекте изобретение относится к системе осмотического извлечения растворителя из первого раствора. Система включает систему прямого осмоса, сконфигурированную так, чтобы принимать питающий раствор с одной стороны полупроницаемой мембраны и обогащенный вытягивающий раствор с противоположной стороны мембраны, первую систему разделения, связанную посредством текучей среды с системой прямого осмоса и сконфигурированную так, чтобы принимать разбавленный вытягивающий раствор от системы прямого осмоса и осуществлять разделение разбавленного вытягивающего раствора на вытягивающие растворенные вещества и поток растворителя, устройство обмена давлений, связанное посредством текучей среды с системой разделения и сконфигурированное так, чтобы создавать давление и перекачивать поток растворителя, систему обратного осмоса, связанную посредством текучей среды с устройством обмена давлений и сконфигурированную так, чтобы принимать поток растворителя, находящийся под давлением, с первой стороны полупроницаемой мембраны, и имеющую противоположную сторону мембраны, предназначенную для того, чтобы принимать растворитель, прошедший обработку, текущий через мембрану, при этом первая сторона мембраны связана посредством текучей среды с блоком прямого осмоса с целью предоставления обогащенного, находящегося под давлением растворителя в качестве, по меньшей мере, части первого раствора, и вторую систему разделения, связанную посредством текучей среды с системой прямого осмоса и сконфигурированную так, чтобы принимать от нее обогащенный первый раствор и осуществлять удаление по меньшей мере одного из вытягивающих растворенных веществ и потока, прошедшего обработку, из обогащенного первого раствора. В различных вариантах воплощения вышеупомянутых аспектов изобретения система включает систему рециркуляции, находящуюся в сообщении посредством текучей среды со второй системой разделения с целью возврата отделенных вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор. В одном или более вариантах воплощения первая и вторая системы разделения могут включать по меньшей мере одну из перегонной колонны или контактной мембраны. В некоторых вариантах воплощения обогащенный вытягивающий раствор включает аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении по меньшей мере один к одному.

Еще в одном аспекте изобретение относится к системе осмотического извлечения растворителя из первого раствора. Система включает систему прямого осмоса, систему предварительной очистки и систему разделения. Система прямого осмоса включает первую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником первого раствора, вторую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником обогащенного вытягивающего раствора, и полупроницаемую мембранную систему, отделяющую первую камеру от второй камеры. Система предварительной очистки находится в сообщении посредством текучей среды с источником первого раствора и системой прямого осмоса. В одном варианте воплощения система предварительной очистки располагается между источником первого раствора и системой прямого осмоса. Система разделения присоединена посредством текучей среды вниз по потоку от второй камеры с целью осуществления восстановления по меньшей мере одного из вытягивающих растворенных веществ или потока растворителя. Система разделения может включать по меньшей мере одну из перегонной колонны или контактной мембраны, при этом система разделения сконфигурирована так, чтобы принимать разбавленный вытягивающий раствор от второй камеры.

В различных вариантах воплощения обогащенный вытягивающий раствор включает аммиак и диоксид углерода в требуемом молярном соотношении по меньшей мере один к одному. Система предварительной очистки может включать по меньшей мере один из источника тепла, предназначенного для осуществления предварительного нагревания первого раствора, средства для регулирования уровня pH первого раствора, фильтра или другого средства для фильтрации первого раствора (например, угольной или песчаной фильтрации), средства для добавления полимера или средства для смягчения первого раствора. Система может также включать систему доочистки, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с потоком растворителя. Система доочистки может включать по меньшей мере одну из системы обратного осмоса, ионообменной системы, второй системы прямого осмоса, системы перегонки, диффузионного испарителя, механической системы рекомпрессии пара или системы фильтрации. В дополнительных вариантах воплощения система также может включать систему рециркуляции, включающую поглотитель, сконфигурированный так, чтобы облегчить повторное введение вытягивающих растворенных веществ во вторую камеру с целью поддержания требуемого молярного соотношения вытягивающего раствора. В другом аспекте изобретение относится к системе осмотического извлечения растворителя из первого раствора. Система включает систему прямого осмоса, систему разделения и систему доочистки. Система прямого осмоса включает первую камеру, имеющую впускное отверстие, соединяющееся посредством текучей среды с источником первого раствора, вторую камеру, имеющую впускное отверстие, соединяющееся посредством текучей среды с источником обогащенного вытягивающего раствора, и полупроницаемую мембранную систему, отделяющую первую камеру от второй камеры. Система разделения присоединена посредством текучей среды вниз по потоку от второй камеры с целью осуществления восстановления по меньшей мере одного из вытягивающих растворенных веществ или потока растворителя. Система доочистки находится в сообщении посредством текучей среды с потоком растворителя.

В различных вариантах воплощения обогащенный вытягивающий раствор включает аммиак и диоксид углерода при требуемом молярном соотношении по меньшей мере один к одному. Система доочистки может включать по меньшей мере одну из системы обратного осмоса, ионообменной системы, второй системы прямого осмоса, системы перегонки, диффузионного испарителя, механической системы рекомпрессии пара или системы фильтрации. Система может также включать систему предварительной очистки, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с источником первого раствора, например система предварительной очистки может располагаться между источником первого раствора и системой прямого осмоса. Система предварительной очистки может включать по меньшей мере один из источника тепла, предназначенного для осуществления предварительного нагревания первого раствора, средства для регулирования уровня pH первого раствора, фильтра или другого средства для фильтрации первого раствора (например, угольной или песчаной фильтрации), средства для добавления полимера или средства для смягчения первого раствора. Система может также включать систему рециркуляции, включающую поглотитель, сконфигурированный так, чтобы облегчить повторное введение вытягивающих растворенных веществ во вторую камеру с целью поддержания требуемого молярного соотношения вытягивающего раствора. В некоторых вариантах воплощения система разделения включает по меньшей мере одну из перегонной колонны или контактной мембраны, при этом система разделения сконфигурирована так, чтобы принимать разбавленный вытягивающий раствор от второй камеры. Согласно одному или более вариантам воплощения система для осмотического извлечения растворителя из первого раствора может содержать первую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником первого раствора, вторую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником обогащенного вытягивающего раствора, содержащего аммиак и диоксид углерода в требуемом молярном соотношении по меньшей мере один к одному, полупроницаемую мембранную систему, отделяющую первую камеру от второй камеры, процесс предварительной очистки, находящийся в сообщении посредством текучей среды по меньшей мере с одним из источника первого раствора или первой камеры, систему разделения, находящуюся в сообщении посредством текучей среды вниз по потоку от второй камеры, при этом система разделения сконфигурирована так, чтобы принимать разбавленный вытягивающий раствор от второй камеры и осуществлять восстановление вытягивающих растворенных веществ и потока растворителя, систему рециркуляции, содержащую поглотитель, сконфигурированный так, чтобы облегчать повторное введение вытягивающих растворенных веществ во вторую камеру с целью поддержания требуемого молярного соотношения, и процесс доочистки, находящийся в сообщении посредством текучей среды с потоком растворителя. В одном варианте воплощения система разделения включает перегонную колонну.

Дополнительные аспекты изобретения относятся к использованию систем и способов, описанных здесь, для очистки сточных вод. Согласно одному или более вариантам воплощения способ очистки сточных вод может включать введение сточных вод, имеющих высокое значение биохимической потребности в кислороде или высокое значение химической потребности в кислороде, с первой стороны полупроницаемой мембраны, введение обогащенного вытягивающего раствора, включающего аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении по меньшей мере один к одному, со второй стороны полупроницаемой мембраны с целью поддержания требуемого осмотического градиента концентрации через полупроницаемую мембрану, стимулирование протекания, по меньшей мере, части сточных вод через полупроницаемую мембрану с образованием второго раствора с первой стороны полупроницаемой мембраны и разбавленного вытягивающего раствора со второй стороны полупроницаемой мембраны и введение, по меньшей мере, части разбавленного вытягивающего раствора в процесс разделения с целью восстановления вытягивающих растворенных веществ и потока растворителя. Способ может также включать необязательные стадии повторного введения вытягивающих растворенных веществ со второй стороны полупроницаемой мембраны с целью поддержания требуемого молярного соотношения аммиака и диоксида углерода в обогащенном вытягивающем растворе и собирания потока растворителя. В некоторых вариантах воплощения способ может дополнительно включать введение второго раствора в дополнительный технологический процесс, такой как метатенк. В других вариантах воплощения способ может дополнительно включать введение второго раствора в установку для сжигания отходов. Тепло, произведенное установкой для сжигания отходов или при сгорании метана в метатенке, может быть передано процессу разделения. По меньшей мере, в некоторых вариантах воплощения способ может дополнительно включать контроль засорения полупроницаемой мембраны.

В другом аспекте изобретение относится к способу осуществления прямого осмоса. Способ включает стадии введения первого раствора, имеющего растворитель и по меньшей мере одно растворенное вещество, с первой стороны полупроницаемой мембраны, введение множества кристаллов для зародышеобразования осадка ("затравок") в первый раствор, введение обогащенного вытягивающего раствора со второй стороны полупроницаемой мембраны, стимулирование зародышеобразования по меньшей мере одного растворенного вещества в первом растворе и стимулирование протекания, по меньшей мере, части растворителя через полупроницаемую мембрану с целью образования второго раствора с первой стороны полупроницаемой мембраны и разбавленного вытягивающего раствора со второй стороны полупроницаемой мембраны. Множество затравок может включать затравки в значительной степени одно-

родного состава и конфигурации; однако, затравки, имеющие разные составы и/или конфигурации, могут быть введены с целью осуществления селективного зародышеобразования разных растворенных веществ. Количество, состав и конфигурация затравок будет выбираться так, чтобы соответствовать конкретному применению; например восстановлению фармацевтического соединения и/или удалению нежелательных растворенных веществ. Стадия стимулирования зародышеобразования может включать введение и пассивное рассредоточение зародышей в растворе и, необязательно, перемешивание, насыщение газом или другие способы стимулирования перемешивания зародышей в первом растворе.

В различных вариантах воплощения вышеуказанного аспекта способ может включать стадию направления, по меньшей мере, части разбавленного вытягивающего раствора в блок разделения с целью осуществления восстановления по меньшей мере одного из потока растворителя или вытягивающих растворенных веществ и стадию повторного введения вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор со второй стороны полупроницаемой мембраны с целью поддержания требуемого молярного соотношения в обогащенном вытягивающем растворе. В одном варианте воплощения стадия стимулирования протекания, по меньшей мере, части растворителя включает поддержание осмотического градиента концентрации через полупроницаемую мембрану, которое может включать поддержание молярного соотношения аммиака и диоксида углерода в обогащенном вытягивающем растворе по меньшей мере 1:1. Необязательно, способ может включать стадию осуществления наблюдения за одной или более характеристиками обогащенного вытягивающего раствора и, при необходимости, модификации вытягивающего раствора, например путем повторного введения вытягивающих растворенных веществ в раствор с целью изменения его молярного соотношения. Способ может также включать стадию восстановления, по меньшей мере, части по меньшей мере одного растворенного вещества, выпавшего в осадок из первого раствора. Восстановление выпавшего в осадок растворенного вещества может включать дополнительную обработку растворенных веществ и/или первого раствора, например путем фильтрации, гравитационного осаждения (например, в отдельной камере), сортировки и преимущественного выпадения в осадок растворенных веществ, теплообмена или другого средства разделения. В некоторых вариантах воплощения, например когда выпавшие в осадок растворенные вещества включают или захватывают органические вещества, выпавшие в осадок растворенные вещества или суспензия могут быть направлены в установку для сжигания отходов или метантенк для дальнейшей обработки.

В другом аспекте изобретение относится к системе для обработки раствора с использованием осмоса. Система включает модуль прямого осмоса и средство для введения множества затравок в модуль прямого осмоса. Модуль прямого осмоса включает первую камеру, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с источником первого раствора, включающего растворитель и по меньшей мере одно растворенное вещество, вторую камеру, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с обогащенным вытягивающим раствором, и полупроницаемую мембрану, связывающую первую камеру и вторую камеру. Средство для введения множества затравок сконфигурировано так, чтобы осуществлять введение затравок в первую камеру, в которой множество затравок вызывает зародышеобразование, по меньшей мере, части по меньшей мере одного растворенного вещества, когда первый раствор вводится в первую камеру. Средство для введения множества затравок может включать рециркуляцию части удаленных выпавших в осадок кристаллов, полученных из какого-либо другого места в системе или из хоппера, расположенного в примыкании к первой камере с целью доставки, с дозированием или без дозирования, затравок в первую камеру или отдельную систему, включающую, например, емкость, предназначенную для хранения множества затравок (в виде сухих кристаллов или в виде суспензии) и необходимый насос (или другой первичный движитель), сеть трубопроводов и клапаны, предназначенные для доставки затравок от емкости в первую камеру. Средство и/или первая камера может также включать источник воздуха, миксер и/или направляющие лопатки с целью облегчения введения и рассредоточения затравок в первом растворе.

В одном или более вариантах воплощения система может включать модуль разделения, находящийся в сообщении посредством текучей среды со второй камерой, предназначенный для восстановления по меньшей мере одного из потока растворителя и вытягивающих растворенных веществ, и средство для рециркуляции вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор. Модуль разделения и средство для рециркуляции могут включать, например, дополнительные камеры, фильтры, теплообменники, перегонные колонны, контактные мембраны и трубопроводы, необходимые для восстановления и повторного введения вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор. Система может также включать модуль восстановления, находящийся в сообщении посредством текучей среды с первой камерой, предназначенный для восстановления выпавших в осадок растворенных веществ. Модуль восстановления может включать, например, бак-отстойник, фильтры, установку для сжигания отходов и/или метантенк (например, в котором происходит выпадение в осадок с концентрацией БПК и ХПК).

В еще одном аспекте изобретение относится к оборудованию для очистки раствора с использованием осмоса. Оборудование включает камеру, сконфигурированную так, чтобы принимать первый раствор, включающий растворитель и по меньшей мере одно растворенное вещество, мембранный модуль, расположенный в камере; и средство для введения множества затравок в камеру, при этом множество затравок

вызывает зародышеобразование, по меньшей мере, части по меньшей мере одного растворенного вещества в первом растворе в камере. Мембранный модуль включает полупроницаемую мембрану, имеющую внешнюю поверхность, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с первым раствором в камере, и внутреннюю поверхность, предназначенную для принятия обогащенного вытягивающего раствора. Дальнейшие аспекты, варианты воплощения и преимущества данных примерных аспектов и вариантов воплощения подробно обсуждаются ниже. Более того, следует понимать, что как вышеизложенная информация, так и нижеследующее подробное описание являются всего лишь иллюстративными примерами различных аспектов и вариантов воплощения и имеют целью дать общее представление или рамки для понимания природы и характера заявленных аспектов и вариантов воплощения. Соответственно, эти и другие объекты, вместе с преимуществами и характерными особенностями настоящего изобретения, описанными здесь, станут очевидными со ссылкой на нижеследующее описание и сопроводительные чертежи. Кроме того, следует понимать, что характерные особенности различных вариантов воплощения, описанные здесь, не являются взаимоисключающими и могут существовать в различных сочетаниях и перестановках.

### **Краткое описание фигур**

На фигурах одинаковые условные обозначения в общем случае обозначают одни и те же части, представленные на различных видах. Кроме того, фигуры не обязательно представлены в масштабе, вместо этого в общем случае делается упор на иллюстрацию принципов изобретения, и не ставится цель задания рамок изобретения. Для ясности не все составные части могут помечаться на каждой фигуре. В нижеследующем описании различные варианты воплощения настоящего изобретения описываются со ссылкой на нижеследующие фигуры, на которых:

- на фиг. 1 дано схематическое представление системы/способа прямого осмоса, предназначенного для очистки сточных вод согласно одному или более вариантам воплощения изобретения;
- на фиг. 2 дано схематическое представление альтернативных системы/способа очистки сточных вод согласно одному или более вариантам воплощения изобретения;
- на фиг. 3 представлена схематическая диаграмма системы осмотического извлечения растворителя согласно одному или более вариантам воплощения изобретения;
- на фиг. 4 дано схематическое представление одного из применений системы, представленной на фиг. 3, согласно одному или более вариантам воплощения изобретения;
- на фиг. 5 дано схематическое представление осмотической системы, включающей блок прямого осмоса и блок обратного осмоса, согласно одному или более вариантам воплощения изобретения; и
- на фиг. 6 представлена блок-схема, изображающая различные стадии управляемого осмосом мембранного способа, сконфигурированного так, чтобы поддерживать ионный баланс в нем.

### **Подробное описание**

Согласно одному или более вариантам воплощения осмотический способ извлечения растворителя (например, воды) из раствора может в общем случае включать подачу раствора к первой поверхности мембраны прямого осмоса. Второй раствор, или вытягивающий раствор, с увеличенной концентрацией относительно концентрации первого, или рабочего, раствора может подаваться ко второй противоположной поверхности мембраны прямого осмоса. Растворитель может затем быть извлечен из раствора через мембрану прямого осмоса и во второй раствор, производя обогащенный растворителем раствор с помощью прямого осмоса, при котором используются свойства переноса текучей среды, включающие движение от менее концентрированного раствора к более концентрированному раствору. Обогащенный растворителем раствор, также обозначаемый как разбавленный вытягивающий раствор, может быть собран в области первого выходного отверстия и подвергаться дополнительному процессу разделения, например для получения очищенной воды. Второй поток, прошедший обработку, например обедненный или обогащенный рабочий раствор, может быть собран в области второго выходного отверстия для слива или проведения дополнительной очистки.

Гидравлическое давление может в общем случае способствовать переносу первого и второго растворов через мембранный модуль вдоль продольной оси их соответствующих каналов, в то время как осмотическое давление может в общем случае стимулировать перенос растворителя через мембрану прямого осмоса в модуле от питающего к вытягивающему раствору. Как вариант, гидравлическое давление может прикладываться к питающему раствору с целью стимулирования протекания растворителя от питающего к вытягивающему раствору, или гидравлическое давление может быть приложено к вытягивающему раствору с целью обеспечения возможности выработки мощности при увеличении объема вытягивающего раствора вследствие течения растворителя через мембрану из питающего раствора, управляемого разностью осмотических давлений между двумя растворами (РОД). В общем случае протоки внутри модуля спроектированы таким образом, чтобы минимизировать гидравлическое давление, необходимое для того, чтобы вызвать протекание через эти протоки (поперечное протекание), однако, это часто находится в противоречии с желанием создания турбулентности в протоках, полезной для эффективного создания разности осмотических давлений между двумя растворами, которая имеет тенденцию приводить к увеличению сопротивления протекания. Высокие значения разностей осмотических давлений могут в общем случае привести к увеличению течения через мембрану, однако, могут также иметь

тенденцию к увеличению количества тепла, требуемого для отделения вытягивающих растворенных веществ от разбавленного вытягивающего раствора с целью получения разбавленного водного продукта и вытягивающего раствора с восстановленной концентрацией.

Согласно одному или более вариантам воплощения мембранный модуль прямого осмоса может включать одну или более мембран прямого осмоса. Мембраны прямого осмоса могут в общем случае быть полупроницаемыми, например обеспечивая возможность прохождения воды, однако исключая из нее растворенные вещества, такие как хлорид натрия, карбонат аммония, гидрокарбонат аммония и карбамат аммония. Многие типы полупроницаемых мембран являются подходящими для данной цели в случае, если они способны обеспечивать возможность прохождения воды (т.е. растворителя), в то же время блокируя прохождение растворенных веществ и не реагируя с растворенными веществами в растворе. Мембрана может иметь различные конфигурации, включая тонкие пленки, мембраны на основе полых волокон, спирально закрученные мембраны, моноволокна и диск-трубчатые мембраны. Существует множество хорошо известных, коммерчески доступных полупроницаемых мембран, которые характеризуются тем, что они имеют достаточно малые поры для того, чтобы обеспечить возможность прохождения воды, в то же время отсортirовывая молекулы растворенного вещества, такого как хлорид натрия, и их ионные молекулярные частицы, такие как хлорид-ион. Такие полупроницаемые мембраны могут быть изготовлены из органических или неорганических материалов. В некоторых вариантах воплощения могут быть использованы мембраны, изготовленные из материалов, таких как ацетатцеллюлоза, нитроцеллюлоза, полисульфон, поливинилиденфторид, полиамид-и акрилонитрил-сополимеры. Другие мембраны могут быть минеральными или керамическими мембранами, изготовленными из материалов, таких как  $ZrO_2$  и  $TiO_2$ . Предпочтительно, чтобы материал, выбранный для использования в качестве полупроницаемой мембраны, в общем случае был способен выдерживать различные рабочие условия, которым может подвергаться мембрана. Например, может быть желательно, чтобы мембрана могла выдерживать действие повышенных температур, таких как температуры, связанные со стерилизацией или другими высокотемпературными процессами. В некоторых вариантах воплощения мембранный модуль прямого осмоса может функционировать при температуре в диапазоне приблизительно от 0 до 100°C. В некоторых неограничивающих вариантах воплощения рабочие температуры могут быть в диапазоне приблизительно 40-50°C. Подобным же образом может быть желательно, чтобы мембрана была способна сохранять свою целостность под действием различных условий pH. Например, один или более растворов в среде, в которой находится мембрана, таких как вытягивающий раствор, могут быть более или менее кислотными или щелочными. В некоторых неограничивающих вариантах воплощения мембранный модуль прямого осмоса может функционировать при уровне pH в диапазоне приблизительно между 2 и 11. В некоторых неограничивающих вариантах воплощения уровень pH может находиться в диапазоне приблизительно от 7 до 10. Используемые мембраны не обязательно должны быть изготовлены из одного из данных материалов, они могут быть композитными, состоящими из различных материалов. По меньшей мере, в одном варианте воплощения мембрана может быть асимметричной, такой, которая имеет активный слой на первой поверхности и опорный слой на второй поверхности. В некоторых вариантах воплощения активный слой может в общем случае быть заградительным слоем. Например, заградительный слой может блокировать прохождение солей в некоторых неограничивающих вариантах воплощения. В некоторых вариантах воплощения опорный слой, такой как защитный слой, может в общем случае быть неактивным.

Согласно одному или более вариантам воплощения по меньшей мере одна мембрана прямого осмоса может быть помещена в кожух или корпус. Кожух может в общем случае иметь такие размер и форму, чтобы вместить мембраны, помещенные в него. Например, кожух может быть в значительной степени цилиндрическим, если в нем размещаются спирально закрученные мембраны прямого осмоса. Кожух модуля может содержать впускные отверстия, предназначенные для подачи питающего и вытягивающего растворов к модулю, а также выпускные отверстия для выведения из модуля потоков, прошедших обработку. В некоторых вариантах воплощения кожух может обеспечить по меньшей мере одну емкость или камеру для содержания в ней или накапливания текучей среды, которая должна быть введена в модуль или выведена из него. По меньшей мере, в одном варианте воплощения кожух может быть изолированным.

Способ разделения, согласно одному или более вариантам воплощения, может включать подачу первого раствора на первую поверхность полупроницаемой мембраны. Второй раствор, который имеет концентрацию, большую, чем концентрация первого раствора, может быть подан ко второй противоположной поверхности данной мембраны. В некоторых вариантах воплощения концентрация второго раствора может быть увеличена путем использования первого реагента для регулирования равновесия растворенных веществ во втором растворе с целью увеличения количества растворимых видов растворимого вещества во втором растворе. Градиент концентрации между первым и вторым растворами затем приводит к вытягиванию растворителя из первого раствора через полупроницаемую мембрану и во второй раствор, приводя к получению обогащенного растворителем раствора. Согласно одному или более вариантам воплощения часть растворенных веществ может быть восстановлена из обогащенного растворителем второго раствора и подвержена рециркуляции в вытягивающий раствор. Способ восстановления мо-



жет в результате обеспечить получение потока растворителя, прошедшего обработку. Градиент концентрации также приводит к получению обедненного раствора с первой стороны полупроницаемой мембраны, который может быть слит или обработан далее. Обедненный раствор может включать один или более целевых видов, обогащение или восстановление которых является желательным. Согласно одному или более вариантам воплощения описано оборудование для извлечения растворителя из первого раствора с использованием осмоса. В одном неограничивающем варианте воплощения оборудования оборудование имеет первую камеру с впускным отверстием и выпускным отверстием. Впускное отверстие первой камеры может быть соединено с источником первого раствора. Полупроницаемая мембрана отделяет первую камеру от второй камеры. Вторая камера имеет впускное отверстие и первое и второе выпускные отверстия. В некоторых вариантах воплощения третья камера может принимать обогащенный растворителем второй раствор от первого выпускного отверстия второй камеры и реагент от второго выпускного отверстия второй камеры. Третья камера может включать выпускное отверстие, которое соединено с процессом разделения, таким как фильтр, предназначенный для фильтрации обогащенного растворителя второго раствора. Фильтр может иметь первое и второе выпускные отверстия, при этом первое выпускное отверстие соединено с впускным отверстием второй камеры с целью осуществления рециркуляции выпавшего в осадок растворенного вещества во вторую камеру. В некоторых вариантах воплощения четвертая камера может принимать обогащенный растворителем второй раствор от второго выпускного отверстия процесса разделения. Четвертая камера может иметь нагреватель, предназначенный для нагревания обогащенного растворителем второго раствора. Через первое выпускное отверстие в четвертой камере составляющие газы могут возвращаться к впускному отверстию второй камеры. Как обсуждается здесь, различные элементы, такие как газы из четвертой камеры и/или выпавшее в осадок растворенное вещество из третьей камеры, могут проходить рециркуляцию в системе. Такие элементы могут быть введены, например, во вторую камеру через то же самое впускное отверстие или через другие впускные отверстия. Второе выпускное отверстие в четвертой камере может обеспечивать возможность выхода из оборудования конечного продукта, например растворителя. Конфигурации протоков могут являться причиной изменения объемов протекания или скоростей протекания в питающем растворе и вытягивающем растворе по мере того, как происходит течение через мембрану от одного раствора к другому. Протоки для питающего и вытягивающего растворов в мембранной системе в общем случае должны быть сконструированы приблизительно равными для коротких длин и скоростей течения от низких до умеренных или конусовидными, при этом суживающимися для питающего раствора и расширяющимися для вытягивающего раствора, для больших длин каналов и/или более сильного течения.

Согласно одному или более вариантам воплощения мембранный модуль прямого осмоса может в общем случае быть сконструирован и скомпонован таким образом, чтобы приводить первый раствор и второй раствор, соответственно, в контакт с первой и второй сторонами полупроницаемой мембраны. Хотя первый и второй растворы могут оставаться стоячими, предпочтительно, чтобы как первый, так и второй раствор были введены с помощью поперечного протекания, т.е. протекания параллельно поверхности полупроницаемой мембраны. Это может привести в общем случае к улучшению контакта с площадью поверхности мембраны вдоль одного или более протоков текучей среды, тем самым приводя к увеличению эффективности прямого осмоса. В некоторых вариантах воплощения первый и второй растворы могут протекать в одном и том же направлении. В других вариантах воплощения первый и второй растворы могут протекать в противоположных направлениях. По меньшей мере, в некоторых вариантах воплощения подобная динамика текучей среды может наблюдаться на обеих сторонах поверхности мембраны. Это может достигаться путем стратегического объединения одной или более мембран прямого осмоса в модуле или кожухе.

Согласно одному или более вариантам воплощения вытягивающие растворенные вещества могут быть восстановлены для повторного использования. Примеры способов восстановления вытягивающего растворенного вещества описаны в публикации патента США № 2012/0067819 ("публикация '819"), автор МакГиннис, описание которой сюда включено по ссылке во всей полноте. Система разделения может отбирать растворенные вещества из разбавленного вытягивающего раствора с целью получения воды, прошедшей обработку, в значительной степени свободной от растворенных веществ. Система разделения может включать перегонную колонну. Вытягивающие растворенные вещества могут затем быть возвращены, например, с помощью системы рециркуляции, назад в обогащенный вытягивающий раствор. Газообразные растворенные вещества могут быть сконденсированы или поглощены с целью получения обогащенного вытягивающего раствора. В поглотителе может использоваться разбавленный вытягивающий раствор в качестве абсорбента. В других вариантах воплощения вода, прошедшая обработку, может быть использована в качестве абсорбента для всего или части поглощения потоков газов из системы рециркуляции растворенного вещества. Кроме того, газ и/или тепло, произведенные как часть способа очистки сточных вод, могут быть использованы в способе восстановления вытягивающего растворенного вещества.

Согласно одному или более вариантам воплощения первый раствор может быть любым водным раствором или растворителем, содержащим одно или более растворенных веществ, для которого желательно разделение, очистка или другая обработка. В некоторых вариантах воплощения первый раствор

может быть непитьевой водой, такой как морская вода, соленая вода, жесткая вода, серая вода и некоторые виды промышленной воды. Рабочий поток, который необходимо обработать, может включать соли и другие виды ионов, такие как хлорид, сульфат, бромид, силикат, иодид, фосфат, натрий, магний, кальций, калий, нитрат, мышьяк, литий, бор, стронций, молибден, марганец, алюминий, кадмий, хром, кобальт, медь, железо, свинец, никель, селен, серебро и цинк. В некоторых примерах первый раствор может быть соляным раствором, таким как соленая вода или морская вода, сточными водами или другим видом загрязненной воды. Первый раствор может подаваться в мембранную систему очистки прямого осмоса от расположенного выше по потоку операционного блока, такого как промышленный объект, или из любого другого источника, такого как океан. Вторым раствором может быть вытягивающий раствор, содержащий более высокую концентрацию растворенного вещества относительно первого раствора. Может быть использован широкий спектр вытягивающих растворов. Например, вытягивающий раствор может содержать раствор термолитической соли. В некоторых вариантах воплощения может быть использован вытягивающий раствор на основе аммиака и диоксида углерода, такой как растворы, описанные в Публикации Патента США № 2005/0145568, автор МакГиннис, описание которой таким образом включено сюда путем ссылки во всей полноте. В одном варианте воплощения второй раствор может быть концентрированным раствором аммиака и диоксида углерода. По меньшей мере, в одном варианте воплощения вытягивающий раствор может содержать аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении, большем, чем один к одному. Предпочтительными растворенными веществами для второго (вытягивающего) раствора могут быть газообразные аммиак и диоксид углерода и их продукты, карбонат аммония, гидрокарбонат аммония и карбамат аммония. Аммиак и диоксид углерода, будучи растворенными в воде при соотношении приблизительно один к одному, образуют раствор, который содержит главным образом гидрокарбонат аммония и, в меньшей степени, родственные продукты, такие как карбонат аммония и карбамат аммония. Равновесие в данном растворе способствует образованию менее растворимого вида растворенного вещества, гидрокарбоната аммония, по сравнению с растворимыми видами растворенного вещества, карбаматом аммония и, в меньшей степени, карбонатом аммония. Буферирование раствора, включающего главным образом гидрокарбонат аммония, с избытком газообразного аммиака, таким образом, что отношение количеств аммиака и диоксида углерода возрастает приблизительно до 1,75-2,0, будет приводить к смещению равновесия раствора, к образованию растворимого вида растворенного вещества, карбамата аммония. Газообразный аммиак является более растворимым в воде и преимущественно поглощается раствором. Поскольку карбамат аммония более охотно поглощается растворителем второго раствора, его концентрация может быть увеличена до точки, в которой растворитель не может более поглощать растворенное вещество, т.е. точки насыщения. В некоторых неограничивающих вариантах воплощения концентрация растворенных веществ в этом втором растворе, достигаемая с помощью данной манипуляции, является большей, чем приблизительно 2 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, большей, чем приблизительно 6 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, или приблизительно от 6 до 12 моль растворенного вещества на килограмм растворителя. Согласно одному или более вариантам воплощения соотношение количества аммиака к количеству диоксида углерода должно в значительной мере обеспечить возможность полного поглощения газообразных веществ вытягивающего раствора поглощающей текучей средой, например частью разбавленного вытягивающего раствора, как описано выше, основываясь на наиболее высоком значении концентрации вытягивающего раствора в системе. Концентрация, объем и скорость протекания вытягивающего раствора должны в общем случае быть согласованы с концентрацией, объемом и скоростью протекания питающего раствора, таким образом, чтобы поддерживалась требуемая разность осмотических давлений между двумя растворами в мембранной системе и в диапазоне восстановления воды, поступающей на очистку. Это может быть вычислено, согласно одному или более вариантам воплощения, принимая во внимание как внутренние, так и внешние явления концентрационной поляризации в мембране и на ее поверхности. В одном неограничивающем варианте воплощения опреснения может быть использована скорость протекания через впускное отверстие обогащенного вытягивающего раствора, которая составляет приблизительно 33% от скорости протекания содержащей соль воды, поступающей на очистку, как правило, в диапазоне приблизительно от 25 до 75% для системы опреснения морской воды. В случаях, когда вода, поступающая на очистку, имеет более низкое содержание соли, могут требоваться величины скоростей протекания вытягивающего раствора через впускное отверстие, составляющие приблизительно от 5 до 25% от скорости протекания воды, поступающей на очистку. Скорость протекания через впускное отверстие разбавленного вытягивающего раствора может, как правило, составлять приблизительно от 50 до 100% от скорости протекания через впускное отверстие воды, поступающей на очистку, и быть приблизительно большей в от трех до четырех раз от объема слива соляного раствора. Согласно одному или более вариантам воплощения соотношение количества аммиака к количеству диоксида углерода должно в общем случае быть согласовано с концентрациями вытягивающего раствора и температурами, используемыми в способе удаления вытягивающего растворенного вещества и восстановления. Если значения соотношений не являются достаточно высокими, будет невозможно обеспечить полное поглощение газообразных вытягивающих растворенных веществ с превращением их в соли для повторного использования в обогащенном растворе, и, если значение соотношения является слишком высоким,

будет образовываться избыток аммиака в вытягивающем растворе, который не будет надлежащим образом конденсироваться в требуемом температурном диапазоне, таком как тот, который необходим для использования отработанного тепла для стимуляции способа. Например, в некоторых вариантах воплощения перегонная колонна может отбирать газы при температуре приблизительно 50°C, и поглотительная колонна может функционировать при температуре приблизительно 20°C. Соотношение количества аммиака к количеству диоксида углерода следует, кроме того, рассматривать таким, чтобы предотвращалось попадание аммиака в питающий раствор через мембрану. Если соотношение является слишком высоким, это может вызвать то, что неионизированный аммиак будет присутствовать в более высоких концентрациях в вытягивающем растворе (в нормальном состоянии - в основном в виде аммония), чем является необходимым или желательным. Другие параметры, такие как тип воды, поступающей на очистку, требуемое осмотическое давление, требуемое течение, тип мембраны и концентрация вытягивающего раствора, могут оказывать влияние на предпочтительное молярное соотношение вытягивающего раствора. Соотношение количества аммиака к количеству диоксида углерода может быть прослежено и отрегулировано в способе осмотического разделения. По меньшей мере, в одном варианте воплощения вытягивающий раствор может содержать аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении, большем, чем один к одному. В некоторых неограничивающих вариантах воплощения соотношение для вытягивающего раствора приблизительно при 50°C и при молярности вытягивающего раствора, установленной как молярность диоксида углерода в данном растворе, может быть по меньшей мере равным приблизительно от 1,1 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 1 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,2 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 1,5 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,3 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 3 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,4 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 4 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,5 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 4,5 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,6 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 5 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,7 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 5,5 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 1,8 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 7 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приблизительно от 2,0 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 8 моль растворенного вещества на килограмм растворителя и приблизительно от 2,2 до 1 для вытягивающего раствора с концентрацией до 10 моль растворенного вещества на килограмм растворителя. Эксперименты свидетельствуют, что это составляет приблизительно минимальные значения соотношений, необходимые для получения устойчивой растворимости растворов данных концентраций при данной приблизительно температуре. При более низких температурах для тех же самых концентраций требуются более высокие соотношения количества аммиака к количеству диоксида углерода. При более высоких температурах могут требоваться более низкие значения соотношений, однако, может также быть необходимым воздействие некоторого повышенного давления на раствор с целью предотвращения разложения растворенных веществ на газы. Значения соотношений, большие, чем один к одному, даже при значениях полной концентрации, меньших, чем 2 моль растворенного вещества на килограмм растворителя, приводят к увеличению в значительной степени устойчивости растворов и предотвращают выделение газообразного диоксида углерода и в общем случае термолитическое расщепление вытягивающих растворов в ответ даже на умеренные количества тепла и/или уменьшение давления.

Согласно одному или более вариантам воплощения способ разделения с помощью прямого осмоса может содержать введение первого раствора с первой стороны полупроницаемой мембраны, детектирование по меньшей мере одной характеристики первого раствора, выбор молярного соотношения для обогащенного вытягивающего раствора, содержащего аммиак и диоксид углерода, основываясь по меньшей мере на одной детектированной характеристике, введение обогащенного вытягивающего раствора, содержащего аммиак и диоксид углерода в выбранном молярным соотношении, со второй стороны полупроницаемой мембраны с целью поддержания требуемого осмотического градиента концентрации через полупроницаемую мембрану, стимулирование протекания, по меньшей мере, части первого раствора через полупроницаемую мембрану с целью образования второго раствора с первой стороны полупроницаемой мембраны и разбавленного вытягивающего раствора со второй стороны полупроницаемой мембраны, введение, по меньшей мере, части разбавленного вытягивающего раствора в процесс разделения с целью восстановления вытягивающих растворенных веществ и потока растворителя, повторное введение вытягивающих растворенных веществ со второй стороны полупроницаемой мембраны с целью поддержания выбранных концентраций и молярного соотношения аммиака к диоксиду углерода в обогащенном вытягивающем растворе и собирание потока растворителя.

Согласно одному или более вариантам воплощения оборудование для осмотического извлечения растворителя из первого раствора может содержать первую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником первого раствора, вторую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником обогащенного вытягивающего

раствора, содержащего аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении по меньшей мере один к одному, полупроницаемую мембрану, отделяющую первую камеру от второй камеры, систему разделения, находящуюся в сообщении посредством текучей среды вниз по потоку со второй камерой, включающую перегонную колонну, при этом система разделения сконфигурирована так, чтобы принимать разбавленный вытягивающий раствор от второй камеры и осуществлять восстановление вытягивающих растворенных веществ и потока растворителя, и систему рециркуляции, содержащую поглотитель, сконфигурированный так, чтобы облегчить повторное введение вытягивающих растворенных веществ во вторую камеру с целью поддержания молярного соотношения аммиака к диоксиду углерода в обогащенном вытягивающем растворе.

Согласно одному или более вариантам воплощения различные управляемые осмосом мембранные системы и способы могут быть объединены с большими системами. В некоторых вариантах воплощения системы и способы могут быть объединены с различными источниками тепла и системами водоснабжения. По меньшей мере, в одном варианте воплощения вытягивающий раствор может подаваться на внутреннюю сторону трубы, относящейся к холодильнику. В некоторых вариантах воплощения горячая вода из подземных источников может использоваться в кипятильнике. В других вариантах воплощения может использоваться геотермальное тепло, отработанное тепло, полученное от промышленных источников, солнечные коллекторы, расплав солей или остаточное тепло в системах аккумуляции тепла. В еще других вариантах воплощения могут быть применены дизельные генераторы. Согласно одному или более дополнительных вариантам воплощения системы и способы прямого осмоса могут быть объединены со вспомогательными способами с целью повышения до максимума восстановления воды из источников сточных вод с возможным осаждением отложений. Например, для предотвращения выпадения в осадок солей кальция и магния, кальций и магний могут вначале удаляться из питающего раствора с помощью способов, таких как те, которые включают ионный обмен с натрием на катионообменной смоле для обмена катионов сильных кислот. Концентрат ПО может быть использован для регенерации смолы. Химический диспергатор может быть использован для предотвращения образования осадка в ионнообменной колонне. Для управления отложением силикатов в питающий раствор системы может подаваться диспергатор отложений силикатов. Если требуемый коэффициент концентрации приводит к получению концентрации силикатов, которая превышает максимальную, рекомендуемую поставщиком диспергатора, часть питающего раствора может быть подвергнута рециркуляции с помощью малого внешнего микрофилтра или ультрафилтра, который удаляет силикаты. В другом варианте воплощения растворимые соли могут быть сконцентрированы в мембранной системе ПО до предела их растворимости или выше него с использованием или без использования подавляющих образование отложений химических веществ таким образом, что обогащенный питающий раствор направляется в отстойник, содержащий кристаллические затравки и/или химическую добавку-коагулянт. Этот раствор может затем направиться в бак-отстойник и/или в устройство фильтрации для удаления частиц. Вытекающий поток, полученный в результате данной обработки, может затем направиться в другой процесс, сливаться или рециркулироваться в мембранной системе ПО для проведения дальнейшего обогащения. Использование поперечных сил в текучей среде и/или введение пузырьков воздуха с целью очистки может быть использовано в мембранной системе ПО для обеспечения того, что на поверхности мембраны не будет происходить образования осадка и/или засорения.

Согласно одному или более вариантам воплощения засорение мембраны можно отслеживать и управлять им. Засорением мембраны можно управлять с использованием способов очистки, таких как способы, включающие турбулентность жидкости и введение газа. В некоторых вариантах воплощения поперечные силы, такие как силы, включающие динамику текучей среды при циркуляции, вызывающей появление сдвига на поверхности мембраны, могут быть использованы для очистки. В других вариантах воплощения предметы, такие как шарики пены, могут помещаться в протоки для осуществления очистки. В некоторых вариантах воплощения управление засорением и биологической активностью может осуществляться посредством управления рабочими параметрами с целью изменения, например, осмотического давления и протоков таким образом, что различные области мембраны в разное время испытывают воздействие разных растворов, осмотических давлений, значений pH или других условий. Могут быть запланированы изменения во времени, такие как на основе минут, часов или лет. Дополнительные системы и способы разделения ПО могут быть использованы для очистки растворов с высокой вероятностью образования отложений. Данные системы и способы обеспечат возможность в значительно более высокой степени восстанавливать потоки воды, поступающей на очистку, обеспечивая значительные преимущества с точки зрения экономии и влияния на окружающую среду (например, меньший водозабор, меньший слив воды, меньшее использование химических веществ и т.д.) путем использования либо пересыщения и разбавления, либо затравочной суспензии.

В системах с беззатравочной суспензией насыщенный раствор направляется к массиву мембран, питающий раствор которых будет становиться пересыщенным путем удаления воды посредством истечения. Этот пересыщенный раствор будет направляться в резервуар, в котором происходит смешивание данного раствора с взвешенными кристаллами или другими центрами зародышеобразования с целью образования осадка. Суспензия затем будет направляться в бак-отстойник, гидроциклон или другое

фильтрационное устройство для удаления осадка. Системы и способы, использующие затравочную суспензию, будут иметь осадок, взвешенный в растворе во всем мембранном модуле, таким образом, что дополнительное образование осадка будет происходить скорее на данных центрах зародышеобразования, чем на поверхности мембраны, как описано более детально ниже со ссылкой на фиг. 2. Обработка суспензии будет требовать использования системы предварительной фильтрации или гидроциклонной системы с целью сохранения максимального диаметра частиц. В различных вариантах воплощения мембрана данной системы может быть покрыта и в некоторых случаях периодически повторно покрываться с целью предотвращения истирания барьерного слоя. Такие покрытия могут включать поливинилацетат (ПВА). Дополнительные преимущества данных систем и способов включают, например, их способность обеспечивать непрерывное опреснение растворов в области или выше их пределов растворимости по отношению к солям от одного до многих видов, уменьшение или исключение использования химических веществ, которые расходуются в данном способе, уменьшение засорения мембраны и уменьшение влияния обратного переноса соли.

Согласно одному или более вариантам воплощения системы и способы могут быть использованы в мембранных биореакторных (МБР) процессах для очистки сточных вод. В некоторых вариантах воплощения сточные воды могут быть преобразованы из отходов в пригодные для повторного использования за одну стадию. В некоторых вариантах воплощения насыщение газом может не требоваться, так, что непосредственное отделение с помощью мембраны воды от взвешенных в потоке отходов твердых веществ и органических веществ или процесс, осуществляемый с помощью мембранного метантенка, может обеспечить экономию в терминах энергии и полной стоимости. В неограничивающих вариантах воплощения МБР-система может быть спроектирована таким образом, что циркуляция происходит вдоль поверхности листов мембраны, при этом ниже листов в баке находится относительно несмешанная область. Твердые вещества могут быть удалены из данной зоны осаждения. Также в несмешанной области может происходить брожение, обеспечивая возможность удаления и использования метана из верхней части бака. Бак может быть сконфигурирован таким образом, что выпускные отверстия насоса помещаются с одной стороны бака, направляя поток вдоль поперечной (по ширине) оси листов мембраны, вызывая появление поперечных сил и, при необходимости, турбулентности таким образом, что поток равномерно распределяется вдоль продольной оси листов, равномерно распределяется сверху донизу. Поперечные силы, например вместе с насыщением газом и перемешиванием, способствуют предотвращению/уменьшению засорения поверхностей мембраны. Бак может, кроме того, быть сконфигурирован таким образом, что противоположная стенка бака является изогнутой таким образом, чтобы способствовать возвращению воды с уменьшенным сопротивлением назад к стороне бака, на которой расположен насос, при этом данный поток проходит с любой стороны от мембранного пакета. Вытягивающий раствор во внутренней части мембранных карманов может протекать сверху вниз, снизу вверх, или направления протекания могут, при необходимости, последовательно чередоваться. Мембранные пакеты могут быть скомпонованы таким образом, что различные области бака испытывают действие различных стационарных концентраций питающего раствора. Воздушные пузырьки могут использоваться для очистки поверхности мембраны с целью уменьшения явлений концентрационной поляризации и предотвращения засорения и/или образования отложений на поверхности мембраны, при этом введение воздуха предусматривается скорее для данных целей, чем для введения кислорода в раствор, что является типичным в случае традиционных мембранных биореакторов. Согласно одному или более вариантам воплощения для очистки промышленных сточных вод мембранные биореакторы и традиционные способы обратного осмоса могут быть заменены способами прямого осмоса, описанными здесь. Подход с использованием прямого осмоса может быть особенно выгодным в применениях, включающих высокие уровни взвешенных твердых веществ или высокие уровни растворенных органических веществ. Прямой осмос может также быть желательным вариантом для очистки сточных вод, имеющих высокую биохимическую потребность в кислороде (БПК) или высокую химическую потребность в кислороде (ХПК). Прямой осмос осуществляет ту же самую функцию, что и МБР и обратный осмос, однако, в одностадийном процессе и без необходимости использования энергии, которая обычно требуется МБР для насыщения газом воды с целью введения кислорода для биологического уменьшения БПК и ХПК. В частности, использование прямого осмоса для обогащения сточных вод исключает необходимость наличия в воздухе/кислороде необходимых бактерий, которые бы потребляли отходы, что приводит в результате к большей эффективности способа, т.е. к меньшему количеству оборудования, меньшему количеству энергии и меньшему занимаемому размеру. Обогащенные сточные воды могут затем быть направлены, например, в метантенк с целью получения газообразного метана, как обсуждается ниже.

Согласно одному или более вариантам воплощения прямой осмос может также быть использован для обогащения питающего потока. Способы обогащения с использованием прямого осмоса могут приводить к получению питьевой или другой высококачественной воды в одностадийном процессе в противоположность традиционным способам микрофильтрации или ультрафильтрации, при применении которых требуются стадии доводки, такие как стадии, включающие обратный осмос, т.е. в ПО-МБР производится вода того же самого качества, как и в традиционном МБР, с последующим осуществлением процесса обратного осмоса, но за одну стадию. В некоторых вариантах воплощения рабочий поток может

содержать требуемые целевые виды, которые необходимо обогатить и восстановить, такие как фармацевтический препарат, соль, энзим, белок, катализатор, микроорганизм, органическое соединение, неорганическое соединение, химический прекурсор, химический продукт, коллоид, продукт питания или загрязняющее вещество. По меньшей мере, в одном варианте воплощения прямой осмос может быть использован для восстановления минералов. В некоторых вариантах воплощения прямой осмос может быть использован для обогащения соляных растворов в добывающей промышленности. Соляные растворы могут достигать насыщения при применении процесса прямого осмоса таким образом, что образование осадка может способствовать восстановлению минералов, солей, металлов и удобрений, таких как поташ.

Потоки, имеющие высокие значения БПК и/или высокие значения ХПК, могут быть обогащены с использованием способа прямого осмоса. В некоторых вариантах воплощения способы обогащения с использованием прямого осмоса могут быть совмещены с метантенком для производства газа для сгорания. Произведенный газ может также обеспечить тепло для способа восстановления растворенного вещества без использования отдельного метантенка. В других вариантах воплощения способы обогащения с использованием прямого осмоса могут быть совмещены с установкой для сжигания отходов с целью осуществления непосредственного сжигания твердых веществ для получения тепла для реализуемого выше по потоку способа прямого осмоса и/или способа восстановления растворенного вещества.

На фиг. 1 схематически представлена система/способ прямого осмоса для очистки сточных вод. Поток сточных вод, который необходимо очистить, может содержать один или более видов, таких как соли, белки, катализаторы, микроорганизмы, органические или неорганические химические вещества, химические прекурсоры или продукты, коллоиды или другие составляющие. В некоторых неограничивающих вариантах воплощения, как иллюстрируется, с помощью системы и способа прямого осмоса может быть уменьшен слив биогенных веществ от очистных сооружений.

Как показано на фиг. 1, система/способ 10 включает модуль прямого осмоса 12. Могут быть использованы различные системы и способы прямого осмоса, такие как описанные здесь и дополнительно описанные в патенте США № 6391205, публикации патента США № 2011/0203994; и Заявках РСТ: порядковый номер РСТ/US10/054738, зарегистрирована 29 октября 2010 года, и порядковый номер РСТ/US10/054512, зарегистрирована 28 октября 2010 года, описания которых этим включены сюда путем ссылки во всей полноте. Модуль 12 находится в сообщении посредством текучей среды с источником или потоком сточных вод 14 (т.е. питающим раствором) и источником или потоком вытягивающего раствора 16. Источник сточных вод 14 может включать, например, городские (например, сточные воды) и/или промышленные (например, обратный отвод при гидравлическом разрыве) сточные воды, включая радиоактивную воду. Источник вытягивающего раствора 16 может включать, например, поток соляного раствора, такого как морская вода, или другого раствора, как описано здесь, который может выполнять роль движущей силы осмоса для удаления воды из источника сточных вод 14 посредством осмоса через мембрану прямого осмоса в модуле 12. Модуль 12 дает на выходе поток обогащенного раствора 18, полученного от источника сточных вод 14, который может далее обрабатываться, как описано здесь. Модуль 12 также дает на выходе разбавленный вытягивающий раствор 20, который может далее обрабатываться, как описано здесь, например разбавленный вытягивающий раствор 20 может быть направлен в блок разделения 22, в котором вытягивающие растворенные вещества и целевой растворитель могут быть восстановлены.

На фиг. 2 изображена система/способ 110, в которой мембранный модуль прямого осмоса 102 может быть погружным или расположенным в закрытом узле. В дополнение к способам уменьшения засорения, описанным выше, в системе/способе 110, изображенной на фиг. 2, используется подход на основе применения затравочной суспензии с целью очистки источника сточных вод или другого питающего раствора. Как показано, система/способ 110 включает модуль прямого осмоса 112, находящийся в сообщении посредством текучей среды с потоком сточных вод 114 и потоком вытягивающего раствора 116. Модуль 112 включает камеру или бак 104, предназначенный для принятия сточных вод. Камера 104 сконфигурирована так, чтобы в ней размещался мембранный модуль 102. Как обсуждается со ссылкой на фиг. 1, модуль ПО 112 также дает на выходе обогащенный раствор 118 и разбавленный вытягивающий раствор 120. Согласно одному или более вариантам воплощения затравки добавляются в камеру 104 с целью образования затравочной суспензии 106. Затравки обеспечивают образование точек зародышеобразования для селективного выпадения в осадок на них определенных растворенных веществ (например, солей или аминокислот). Целевые растворенные вещества будут выпадать в осадок из затравочной суспензии 106 и осаждаться на дно камеры 104, в противоположность осаждению на поверхности мембраны, где выпавшие в осадок растворенные вещества могут подвергаться дальнейшей обработке, как обсуждалось ранее. Они могут быть частично использованы повторно в способе, например когда выпавшие в осадок твердые вещества повторно направляются в бак в виде затравок. Кроме того, камера 104 может включать дополнительные средства для улучшения способа прямого осмоса, например нагнетание газа и перемешивание с целью уменьшения засорения мембраны и/или улучшения эффективности затравок, как описано ранее.

Использование затравок в модуле прямого осмоса является в особенности полезным в случае питающих растворов, для которых может требоваться предварительная очистка или которые содержат требуемые растворенные вещества, например питающего раствора, полученного от фармацевтического источника. Затравки способствуют восстановлению целевых растворенных веществ. Более того, что касается очистки сточных вод, имеющих высокий уровень взвешенных твердых веществ, часть твердых веществ может быть извлечена со дна камеры 104, а другая часть может образовать осадок из-за использования затравок. Кроме того, размер и состав затравок может быть выбран таким образом, чтобы соответствовать конкретному применению, такому, например, как восстановление фармацевтического соединения или уменьшение влияния обратного переноса соли.

На фиг. 3 схематически представлена система 210 для осмотического извлечения растворителя с использованием системы/способа прямого осмоса 212, включающая один или более технологических блоков предварительной очистки и/или доочистки 214, 216. Могут быть использованы различные системы и способы прямого осмоса, такие как описанные здесь и дополнительно описанные в патенте США № 6391205, публикации патента США № 2011/0203994; и публикациях РСТ под номерами WO 2011/053794 и WO 2011/059751, на которые выше дается ссылка. Согласно одному или более вариантам воплощения система 210 может включать один или более процессов предварительной очистки 214, предназначенных для усиления способа прямого осмоса 212. Предварительная очистка может включать регулирование значения pH, такое как подъем уровней pH рабочего потока, который необходимо подвергнуть очистке, использование подавляющих образование отложений веществ, различных типов фильтрации, добавление полимеров, теплообмен, смягчение и смягчение путем нанофильтрации.

Согласно одному или более вариантам воплощения система 210 может включать один или более процессов доочистки 216. Доочистка может включать разделение с помощью обратного осмоса при втором прохождении, разделение с использованием ионного обмена, дополнительные способы прямого осмоса или другие процессы удаления аммиака и/или соли. В процессе доочистки может уменьшаться соленость воды, прошедшей обработку, до уровня, ниже того, который получается в системе прямого осмоса однократного прохождения. В других вариантах воплощения доочистка может альтернативно или дополнительно использоваться для удаления вытягивающих растворенных веществ, которые, в противном случае, будут присутствовать в потоке, прошедшем обработку. В некоторых конкретных неограничивающих вариантах воплощения сливающийся при прямом осмосе соляной раствор может быть доочищен с использованием ионного обмена, перегонки, диффузионного испарения, перегонки через мембрану, насыщения газом, биологической очистки или другого процесса, предназначенного для удаления вытягивающих растворенных веществ, которые диффундируют обратно в соляной раствор. Дополнительные процессы доочистки могут включать очистку по бессточной технологии (БСТ) с использованием, например, кристаллизации и испарения. В одном варианте воплощения при очистке БСТ используется система прямого осмоса, например вместо системы испарения.

Согласно одному или более вариантам воплощения вода, поступающая на очистку, может быть предварительно нагрета с помощью отработанного тепла, полученного в результате применения способа восстановления вытягивающего растворенного вещества, для улучшения течения. Примеры способов восстановления вытягивающего растворенного вещества описаны в публикации 819, ссылка на которую дается выше. Для системы восстановления вытягивающего растворенного вещества может требоваться охлаждение. Например, охлаждение может требоваться для холодильника или отпарной колонны. Охлаждение, таким образом, может обеспечиваться питающим мембрану потоком перед его введением в мембрану прямого осмоса. Питающий мембрану поток может обеспечивать достаточное охлаждение таким образом, чтобы обеспечить возможность повторного поглощения потока вытягивающего растворенного вещества в процессе осуществления способа восстановления вытягивающего растворенного вещества. В одном варианте воплощения питающий поток может охлаждать один или более потоков в способе восстановления до окружающей температуры. Кроме того, более высокие значения температуры мембранной системы могут быть связаны с более сильным течением, вызванным увеличением водопроницаемости, увеличением коэффициента диффузии вытягивающего и/или питающего растворенного вещества и улучшением структуры пор мембраны при термическом расширении.

Согласно одному или более вариантам воплощения соляной раствор может быть использован для отведения тепла от способа восстановления вытягивающего растворенного вещества. Нагревание соляного раствора может приводить к испарению остаточных растворенных веществ в соляном растворе. В частности, обогащенный соляной раствор, полученный от мембран прямого осмоса, может быть направлен в холодильник, расположенный в верхней части отпарной колонны, с целью охлаждения последней. Тепло, поглощенное соляным раствором, может способствовать выделению растворенного газа из соляного раствора и может использоваться в процессе отбирания в качестве доочистки соляного раствора, подобно тому, как это используется для рециркуляции вытягивающего растворенного вещества из потока воды, прошедшей обработку. Например, вытягивающие растворенные вещества, которые поступили в поток соляного раствора, благодаря обратному течению соли в мембранной системе, могут быть восстановлены путем нагревания соляного раствора; в некоторых вариантах воплощения - в сочетании с другими способами, описанными, например, в публикации '819. В любом случае вытягивающие растворен-

ные вещества могут быть возвращены в обогащенный вытягивающий раствор и использованы повторно.

Согласно одному или более вариантам воплощения активированный уголь или другие органические вещества могут быть использованы с целью поглощения или фильтрации потока газа, полученного от системы отбора разбавленного вытягивающего раствора и/или системы доочистки соляного раствора. Процесс поглощения может приводить к удалению летучих компонентов очищаемых потоков, которые, в противном случае, будут накапливаться в системе вытягивающего раствора. Например, растворимые органические соединения, которые проходят через мембрану прямого осмоса, могут быть испарены в системе восстановления растворенного вещества. Подобная система может быть использована для любого компонента потока, который должен быть обеднен вытягивающими растворенными веществами, который содержит невытягивающие летучие компоненты растворенного вещества. Любой подходящий процесс разделения для предотвращения накопления летучих соединений должен быть применен к потоку пара, полученного от системы отбора. Например, разделение может осуществляться перед проведением отбора в жидкой фазе, перед конденсацией в паровой фазе, после конденсации в жидкой фазе или в системе вытягивающего раствора в любой точке, в которой накопление данных соединений будет предотвращаться ее использованием. В одном варианте воплощения потоки вытягивающего раствора в парообразном и жидком состояниях будут охлаждаться и находиться в контакте друг с другом в течение периода времени, достаточного для того, чтобы обеспечить возможность в значительной степени полного повторного поглощения вытягивающих растворенных веществ, что может быть осуществлено в набивной колонне или мембранной системе.

Согласно одному или более вариантам воплощения смягчение воды посредством ионного обмена, нанофильтрации или подобных процессов может быть воплощено в качестве предварительной очистки для способа прямого осмоса. В некоторых конкретных вариантах воплощения смягчение может быть произведено перед проведением очистки воды по бессточной технологии с целью обеспечения того, что соль, прошедшая обработку, имеет высокое качество. Чистота соли и ее состав, такой как высокочистый хлорид натрия, могут быть выбраны с помощью осуществления процесса предварительной очистки-смягчения, поскольку в процессе смягчения могут селективно удаляться двухвалентные ионы. Следовательно, интегрированная система может обеспечивать получение на выходе высококачественного продукта. Соляной раствор, проходящий дальнейшую очистку с использованием прямого осмоса, может быть использован в качестве подпитки ионного обмена. В других вариантах воплощения любой тип кристаллизатора может быть использован для получения соли, следуя процессу разделения с использованием прямого осмоса.

На фиг. 4 представлено одно возможное применение системы 210 для осмотического извлечения растворителя согласно одному или более вариантам воплощения изобретения. Как обсуждается со ссылкой на фиг. 3, система 210 включает систему прямого осмоса 212 и один или более блоков предварительной очистки и доочистки 214, 216. Система 210 может включать любое сочетание блоков предварительной очистки и доочистки 214, 216 в сочетании с одной или более систем прямого осмоса 212, включая только блоки предварительной очистки или только блоки доочистки. Различные системы/блоки, описанные здесь, могут быть соединены друг с другом с помощью традиционных способов организации сети трубопроводов и могут включать любое количество и сочетание составляющих частей, таких как насосы, клапаны, датчики, измерительные приборы и т.д., предназначенных для наблюдения и управления работой различных систем и процессов, описанных здесь. Различные составляющие части могут быть использованы в сочетании с контроллером, как описано здесь.

В применении, показанном на фиг. 4, система 210 используется для очистки жесткой воды, полученной от внутреннего источника 218. Как показано, питающий поток 220 направляется в блок предварительной очистки 214, в котором, например, питающий поток нагревается. Как только питающий поток прошел предварительную очистку, очищенный поток 222 направляется затем в систему прямого осмоса 212, в которой он образует первый раствор, как обсуждалось здесь. Необязательно, очищенный поток 222 может быть направлен в дополнительные блоки предварительной очистки для проведения дальнейшей обработки (например, регулирования уровня pH) перед тем, как он поступит в систему прямого осмоса 212. Вытягивающий раствор подается в систему прямого осмоса 212 потоком 224 с целью обеспечения осмотического градиента давления, необходимого для стимулирования переноса растворителя через мембрану, как обсуждается здесь.

По меньшей мере, два потока выходят из системы прямого осмоса 212: обогащенный питающий или очищенный поток 226, из которого был извлечен растворитель; и разбавленный вытягивающий поток 228, в который был добавлен растворитель. Обогащенный поток 226 может затем быть направлен для проведения дальнейшей обработки в блок доочистки 216, такой как вторая система прямого осмоса, с целью восстановления дополнительного количества растворителя. Могут быть применены дополнительные способы доочистки, например кристаллизация и испарение, с целью дальнейшего обеспечения бессточного процесса. Прошедший полную обработку или обогащенный питающий раствор может быть утилизирован, подвержен рециркуляции или другим способом повторно использован, в зависимости от природы концентрата (стрелка 238).



Разбавленный вытягивающий поток 228 может быть направлен в систему разделения 230, в которой могут быть восстановлены растворитель и/или растворенные вещества. Необязательно, разбавленный вытягивающий поток 228 может также быть направлен в блок доочистки при желании осуществления дополнительной обработки (поток 228а). В одном или более вариантах воплощения система разделения 230 отделяет вытягивающие растворенные вещества от разбавленного вытягивающего потока 228 с целью получения потока в значительной степени очищенного растворителя 232, например питьевой воды, и потока вытягивающего растворенного вещества 236. В одном или более вариантах воплощения поток растворителя 232 может также быть направлен в блок доочистки для проведения дальнейшей обработки (поток 232а), в зависимости от конечного использования растворителя. Например, растворитель может подвергаться дальнейшей очистке посредством перегонки с целью удаления дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ, которые могут все еще присутствовать в растворителе. В одном или более вариантах воплощения поток вытягивающего растворенного вещества 236 может быть возвращен непосредственно в вытягивающий поток 224 (поток 236а), направляемый в систему рециркуляции 234 с целью повторного включения в вытягивающий поток 224 (поток 236b), или направлен в блок доочистки (поток 236с) с целью проведения дальнейшей обработки, в зависимости от планируемого использования восстановленных вытягивающих растворенных веществ. В одном или более вариантах воплощения система рециркуляции 234 может быть использована в сочетании с блоком предварительной очистки 214, например с целью обеспечения теплообмена с питающим потоком 220 (поток 240). На фиг. 5 представлена управляемая осмосом мембранная система 310, которая сконфигурирована так, чтобы регулировать ионный баланс всей системы и осуществлять восстановление дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ из системы прямого осмоса путем использования блока обратного осмоса с целью проведения доочистки очищенной воды, слитой блоком разделения/рециркуляции, и перенаправления концентрата от системы обратного осмоса к питающему раствору системы прямого осмоса. Данная компоновка обеспечивает возможность восстановления дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ и поддержание ионного баланса всей системы без необходимости добавления и/или удаления определенных химических веществ или использования дополнительных систем/способов (например, ионообменников). Как показано на фиг. 5 (и подобно системе 210, показанной на фиг. 4), система 310 включает блок прямого осмоса 312, который включает одну или более первых камер 312а, которые содержат источник питающего раствора или первый раствор 320 или находятся в сообщении посредством текучей среды с ними. Блок прямого осмоса 312 также включает одну или более вторых камер 312b, которые отделены от первой камеры (камер) 312а полупроницаемой мембраной прямого осмоса 313. Вторая камера(ы) 312b либо содержат источник обогащенного вытягивающего раствора 324, либо находятся в сообщении посредством текучей среды с ним. Обогащенный вытягивающий раствор 324 имеет концентрацию растворенного вещества, достаточную для поддержания осмотического градиента концентрации через мембрану 313, тем самым вызывая течение растворителя из первого/питающего раствора 320 через мембрану 313 во вторую камеру 312b и разбавление обогащенного вытягивающего раствора. Первый раствор 320 обогащается в первой камере 312а, образуя второй раствор 322.

В процессе прямого осмоса может иметь место ионный обмен через мембрану 313. В примерной системе, в которой используется вытягивающий раствор на основе  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$  и питающий раствор, содержащий  $\text{NaCl}$ , ионы аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) могут перемещаться из второй камеры/стороны 312b мембраны прямого осмоса 313 в первую камеру/сторону 312а мембраны 313, а ионы натрия ( $\text{Na}^+$ ) могут перемещаться из первой камеры/стороны 312а мембраны 313 во вторую камеру/сторону 312b мембраны 313. Этот ионный обмен приводит в результате к образованию второго раствора 322, содержащего по меньшей мере один первый вид ионов растворенного вещества (например,  $\text{NH}_4^+$ ), и разбавленного вытягивающего раствора 326, содержащего по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества (например,  $\text{Na}^+$ ). Отрицательное влияние ионного обмена может приводить в результате к потере восстанавливаемых вытягивающих растворенных веществ и высокой солёности воды, прошедшей обработку. Новое использование системы обратного осмоса и дополнительной системы разделения, как описано ниже, преодолевает негативное влияние явлений ионного обмена и обеспечивает неожиданное улучшение восстановления вытягивающего растворенного вещества в дополнение к улучшению качества прошедшей обработку воды.

Разбавленный вытягивающий раствор 326 направляется в систему 330 разделения и/или рециркуляции, в которой разбавленный вытягивающий раствор 326 разделяется на вытягивающие растворенные вещества (или обогащенный вытягивающий раствор) 328 и растворитель (например, питьевую воду), полученный способом прямого осмоса. Этот восстановленный растворитель 332 содержит по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, которые прошли обмен через мембрану, однако не были удалены в процессе восстановления вытягивающего растворенного вещества. Вытягивающие растворенные вещества могут быть восстановлены с использованием любых из систем и способов, описанных здесь, включая описание, представленное в патенте '789. Восстановленные вытягивающие растворенные вещества 328 могут проходить рециркуляцию в источник обогащенного вытягивающего раствора 324 или образовывать его основу. Вследствие явлений ионного обмена не все из вытягивающих раство-

ренных веществ являются восстанавливаемыми в способе данного начального разделения/рециркуляции. Например, когда имеется один вид ионов (например,  $\text{NH}_4^+$ ), прошедших обратный ионный обмен через мембрану, и другой вид ионов растворенных веществ ( $\text{Na}^+$ ), которые поступили в вытягивающий раствор, соотношение вытягивающих растворенных веществ в разбавленном вытягивающем растворе становится несбалансированным. Равновесие вытягивающих растворенных веществ (например, аммиака ( $\text{NH}_3$ ) и диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ )) должно быть сбалансировано с целью наиболее эффективного удаления всех из вытягивающих растворенных веществ из разбавленного вытягивающего раствора. Соответственно, по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества может включать вид ионов вытягивающего растворенного вещества, которые остаются в восстановленном растворителе (например, карбонат-ионы). В примерном варианте воплощения потеря ионов аммиака приводит в результате к избытку карбонат-ионов, остающихся в растворителе. В данном варианте воплощения по меньшей мере один второй вид ионов растворенных веществ, присутствующий в восстановленном растворителе, будет включать ионы натрия ( $\text{Na}^+$ ) и карбонат-ионы ( $\text{CO}_3^-$ ) в растворе.

В одном или более вариантах воплощения в системе разделения/рециркуляции 330 используется отработанное тепло для удаления растворенных веществ аммиака и диоксида углерода из разбавленного вытягивающего раствора. Как обсуждалось ранее, поскольку ионы аммония проходят обратный обмен через мембрану прямого осмоса 313, соотношение количества аммиака к количеству диоксида углерода изменяется, и количество аммиака в разбавленном вытягивающем растворе становится недостаточным для удаления всего диоксида углерода, некоторое количество которого присутствует в виде карбоната.  $\text{NH}_3\text{CO}_2$ , который присутствует в разбавленном вытягивающем растворе в требуемом соотношении, испаряется из раствора, оставляя растворитель и ионы натрия, и карбонат-ионы (т.е. по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества) в растворе вместе с восстановленным растворителем.

Восстановленный растворитель 332, содержащий по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, который мог бы, как правило, рассматриваться в качестве конечного продукта, направляется в систему обратного осмоса 316. Как правило, растворитель 332 будет подвергаться воздействию давления и перекачиваться в систему обратного осмоса 316 с помощью устройства обмена давлений, такого как насос 338. Растворитель 332 под давлением перекачивается в первую камеру/сторону 316а системы обратного осмоса 316, тем самым заставляя растворитель проходить через мембрану обратного осмоса 317 и приводя в результате к получению очищенного растворителя 334 во второй камере/стороне 316b мембраны 317. Очищенный растворитель 334 может быть собран с любой заданной целью. Под давлением в первой камере/стороне 316а мембраны 317 остается обогащенный раствор, содержащий по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, которые не могут пройти через мембрану 317. Этот обогащенный раствор 336 направляется затем в систему прямого осмоса 312. В частности, обогащенный раствор 336 добавляется к питающему/первому раствору 320 и вместе с ним вводится в первую камеру/сторону 312а системы 312/мембраны 313. Введение обогащенного раствора 336 приводит в результате к получению второго раствора, содержащего как по меньшей мере один первый, так и по меньшей мере один второй вид ионов растворенных веществ (например,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{CO}_3^-$ ). В альтернативных вариантах воплощения обогащенный раствор 336 не возвращается непосредственно в блок прямого осмоса 312/первый раствор 320, а перекачивается непосредственно во вторую систему разделения 340, как показано прерывистой линией 323; в таком случае обогащенный раствор 336 смешивается со вторым раствором или концентрированным соляным раствором. Это может быть в особенности полезным в случаях, когда обогащенный раствор 336 имеет большее значение ОКРТВ, что может отрицательно сказываться на работе блока прямого осмоса 312, например приводя к уменьшению осмотического давления в системе.

Первый и второй виды ионов растворенных веществ во втором растворе 322 являются сбалансированными, тем самым приводя в результате к образованию карбоната аммония и/или гидрокарбоната аммония, и/или карбамата аммония (т.е. дополнительных удаляемых вытягивающих растворенных веществ). Второй раствор 322 направляется во вторую систему разделения/рециркуляции 340. В некоторых вариантах воплощения система 340 используется для обогащения/разделения соляного раствора. Система разделения/рециркуляции 340 функционирует подобно первой системе разделения/рециркуляции 330 и производит разделение дополнительного количества новообразованных вытягивающих растворенных веществ 344. Эти вытягивающие растворенные вещества 344 могут быть рециркулированы назад в источник обогащенного вытягивающего раствора 324. Сбалансированное соотношение ионов аммиака и карбонат-ионов позволяет удалять и восстанавливать из второго раствора практически все из вытягивающих растворенных веществ. Оставшийся второй раствор (например, соляной раствор) 342 может далее быть обработан или каким-либо другим образом утилизирован.

На фиг. 6 представлена блок-схема, изображающая в общем работу различных управляемых осмосом мембранных систем, сконфигурированных так, чтобы поддерживать ионный баланс всей системы и увеличивать до максимума восстановление вытягивающих растворенных веществ. Как показано на фиг. 6, осуществление способа начинается с обеспечения первой управляемой осмосом мембранной системой (стадия 405) в виде системы прямого осмоса. Первый раствор и обогащенный вытягивающий раствор вводятся с противоположных сторон мембраны прямого осмоса в первой системе (стадии 415, 425). Спо-

соб дополнительно включает стадию стимулирования протекания растворителя из первого раствора в обогащенный вытягивающий раствор (стадия 435). Эта стадия приводит в результате к образованию второго раствора с одной стороны мембраны и разбавленного вытягивающего раствора с противоположной стороны мембраны. Вследствие явлений ионного обмена второй раствор будет включать первый вид ионов растворенного вещества, которые прошли обратный обмен через мембрану, и разбавленный вытягивающий раствор будет включать второй вид ионов растворенного вещества, которые прошли прямой обмен через мембрану.

Одна из следующих стадий в способе включает направление разбавленного вытягивающего раствора в первую систему разделения/рециркуляции (стадия 445), в которой вытягивающие растворенные вещества восстанавливаются и рециркулируются назад в обогащенный вытягивающий раствор. В общем случае, вследствие потери первого вида ионов вытягивающего растворенного вещества обогащенным вытягивающим раствором, образуется дисбаланс между вытягивающими растворенными веществами в разбавленном вытягивающем растворе, который мешает/препятствует восстановлению всех вытягивающих растворенных веществ из разбавленного вытягивающего раствора. В частности, избыток по меньшей мере одного вытягивающего растворенного вещества останется в восстановленном растворителе в виде вида ионов вытягивающего растворенного вещества, которые включены по меньшей мере в один второй вид ионов растворенного вещества. В примерной системе по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества будет включать ионы натрия и карбонат-ионы.

Оставшийся растворитель, который восстановлен в первой системе разделения, направляется затем под давлением во вторую управляемую осмосом мембранную систему (стадия 455) в виде системы обратного осмоса. Протекание растворителя через мембрану обратного осмоса стимулируется, приводя в результате к получению очищенного растворителя с одной стороны мембраны и обогащенного раствора с противоположной стороны мембраны (стадия 465). Очищенный растворитель может быть собран для использования (например, в виде питьевой воды) или подвергнут дальнейшей обработке каким-либо другим способом. Обогащенный раствор, который содержит по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, направляется в первую управляемую осмосом мембранную систему, в которой он комбинируется с первым раствором и вводится в первую управляемую осмосом мембранную систему (стадия 475).

По меньшей мере, один второй вид ионов растворенного вещества (например,  $\text{Na}^+$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ ) будет уравниваться по меньшей мере с одним первым видом ионов растворенного вещества ( $\text{NH}_4^+$ ), присутствующим во втором растворе (стадия 485), тем самым приводя в результате к образованию дополнительного количества удаляемых вытягивающих растворенных веществ. Второй раствор может быть удален из первой управляемой осмосом мембранной системы и направлен во вторую систему разделения/рециркуляции (стадия 495), в которой дополнительные вытягивающие растворенные вещества могут быть удалены и рециркулированы в обогащенный вытягивающий раствор. Оставшийся обогащенный второй раствор (например, соляной раствор) может быть подвергнут дальнейшей обработке или каким-либо другим способом утилизирован.

Согласно одному или более вариантам воплощения, устройства, системы и способы, описанные здесь, могут в общем случае включать контроллер, предназначенный для настройки или регулирования по меньшей мере одного рабочего параметра устройства или компонента систем, такого как активационные клапаны и насосы, но не ограничиваясь этим, а также для настройки свойства или характеристики одного или более потоков протекания текучей среды через мембранный модуль прямого осмоса. Контроллер может электрическим способом сообщаться по меньшей мере с одним датчиком, сконфигурированным так, чтобы детектировать по меньшей мере один рабочий параметр системы, такой как концентрация, скорость протекания, уровень pH или температура. Контроллер может быть в общем случае сконфигурирован так, чтобы генерировать управляющий сигнал для регулирования одного или более рабочих параметров в ответ на сигнал, сгенерированный датчиком. Например, контроллер может быть сконфигурирован так, чтобы принимать представление условия, свойства или состояния любого потока, компонента или подсистемы управляемых осмосом мембранных систем и связанных с ними систем предварительной очистки и доочистки. Контроллер, как правило, включает алгоритм, который облегчает генерирование по меньшей мере одного выходного сигнала, который, как правило, основывается на одном или более из любого представления и целевой или требуемой величины, такой как заданная величина. Согласно одному или более конкретным аспектам контроллер может быть сконфигурирован так, чтобы принимать представление любого измеренного свойства любого потока и генерировать управляющий сигнал, сигнал возбуждения или выходной сигнал на любой из компонентов системы с целью уменьшения любого отклонения измеренного свойства от целевого значения.

Согласно одному или более вариантам воплощения системы и способы управления процессом могут следить за различными уровнями концентрации, например могут быть основаны на детектированных параметрах, включая pH и проводимость. Может также осуществляться управление скоростями протекания рабочих потоков и уровнями в баках. Также может осуществляться наблюдение за температурой и давлением. Утечки в мембране могут обнаруживаться с использованием ионноселективных зондов, измерителей pH, уровня жидкости в баках и скоростей протекания потоков. Утечки могут также обнаружи-

ваться с помощью приложения давления к мембране со стороны нахождения вытягивающего раствора в присутствии газа и использования ультразвуковых детекторов и/или визуального наблюдения утечек со стороны воды, поступившей на очистку. Может осуществляться наблюдение и за другими рабочими параметрами и проблемами, связанными с их поддержанием. Различные характеристики производительности способа также могут подвергаться отслеживанию, например, путем измерения скорости протекания и качества воды, прошедшей обработку, потока тепла и потребления электрической энергии. Протоколы очистки для уменьшения биологического загрязнения могут контролироваться, например, путем измерения спада течения, определяемого с помощью скоростей протекания питающего и вытягивающего растворов в определенной точке в мембранной системе. Датчик потока соляного раствора может указывать, когда необходима очистка, такая как с использованием перегонки, ионного обмена, хлорирования до точки перелома или подобных протоколов. Это может быть осуществлено с помощью pH, ионноселективных зондов, инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье (FTIR) или других средств восприятия концентраций вытягивающего растворенного вещества. Наблюдение и слежение за состоянием вытягивающего раствора может осуществляться с целью подпитки и/или замены растворенных веществ. Подобным образом качество воды, прошедшей обработку, может отслеживаться с помощью традиционных средств или с помощью зонда, такого как аммониевый или аммиачный зонд. FTIR может быть применен для обнаружения присутствующих видов, предоставляя информацию, которая может быть полезной, например для обеспечения надлежащей работы завода и для выявления особенностей протекания процесса, таких как эффекты ионного обмена через мембрану. Прямой осмос может быть спарен с предварительной очисткой, направленной на предотвращение образования отложений, чтобы обеспечить возможность высокого уровня восстановления воды, поступающей на очистку, включающей, например, ионный обмен, химическое смягчение, нанофильтрацию, использование веществ, препятствующих образованию отложений, и/или способы образования осадка. Очистка с помощью воздуха в системе предотвращения образования отложений для ПО может быть использована для предотвращения образования отложений на поверхности мембраны. Прямой осмос может быть использован в случаях, когда вода содержит органические загрязнения, без насыщения газом для биологической активности. Поток отходов может быть обогащен с целью потенциального использования в метантенке, в то же время потенциально способствуя получению метана в мембранном баке для использования для получения энергии и способствуя получению воды, прошедшей обработку, с качеством, подходящим для повторного использования. Это может быть в особенности эффективно в конструкции бака с погружной мембраной. В дополнение к обеспечению кислородом очистка с помощью воздуха может также быть использована для того, чтобы обеспечить возможность того, чтобы высокая концентрация органических веществ не приводила к засорению мембраны. Процесс с типом бакового реактора периодического или непрерывного действия (БРНД) может быть воплощен с использованием прямого осмоса, в частности для того, чтобы обеспечить возможность улучшения функционирования концентрирующих органические вещества систем прямого осмоса и/или осаждения. Системы замедляемого давлением осмоса могут также реализовываться в конфигурации с погружным баком. Системы замедляемого давлением осмоса могут обогащаться газом с целью предотвращения засорения и/или образования отложений и для уменьшения концентрационной поляризации. Реактивные газы могут также способствовать данному функционированию. Биологический рост в системах прямого осмоса может регулироваться путем чередования тех мембранных модулей или секций из массива, которые подвергаются воздействию высоких или низких осмотических давлений. Например, секция массива мембран, которая обычно используется с концентрацией воды 0,5 М, может быть заменена так, чтобы производить очистку воды с концентрацией 2 М. Такая настройка очень затруднит рост биологической пленки. Также может осуществляться обезгаживание питающего потока с целью предотвращения роста определенных типов биологических организмов. Например, удаление кислорода может приводить к ограничению роста питающих организмов, которые могут окислять аммиак, проходящий от вытягивающего раствора к питающему раствору. Восстановление сульфита, биологическая очистка, осмотический шок, традиционные способы очистки, которые не реагируют с вытягивающим раствором, течение воды, прошедшей обработку, без химических веществ, насыщение газом соляного раствора и добавка гидросульфита являются другими способами, которые могут быть воплощены для подавления биологической активности. В некоторых вариантах воплощения pH, ионные зонды, FTIR и/или скорости потоков могут быть использованы для управления системами прямого осмоса с целью обеспечения требуемых величин течения, разности осмотических давлений, отношений количеств аммиака и диоксида углерода и концентраций.

Теперь, после того, как описаны некоторые иллюстративные варианты воплощения изобретения, специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что вышеизложенное является лишь иллюстративным и неограничивающим, представленным исключительно в качестве примера. Многочисленные модификации и другие варианты воплощения находятся в компетенции специалиста в данной области, и подразумевается, что они попадают в объем изобретения. В частности, хотя многие из примеров, представленных здесь, включают конкретные сочетания действий способов или элементов системы, следует понимать, что данные действия и данные элементы могут сочетаться с другими способами для достижения тех же самых целей.

Более того, специалисты в данной области техники должны понимать, что параметры и конфигурации, описанные здесь, являются примерными, и что действительные параметры и/или конфигурации будут зависеть от конкретного применения, в котором используются системы и способы согласно данному изобретению. Специалисты в данной области техники также должны распознать или быть способными установить, используя не более чем стандартные исследования, эквиваленты конкретных вариантов воплощения изобретения. Следовательно, необходимо понимать, что варианты воплощения, описанные здесь, представлены исключительно в качестве примеров и что в рамках объема любых пунктов приложенной формулы изобретения и их эквивалентов изобретение может быть воплощено на практике другим образом, чем дано в конкретном описании. Фразеология и терминология, используемые здесь, имеют целью описание и не должны рассматриваться как ограничивающие. Согласно тому, как здесь используется, термин "множество" обозначает два или более пунктов или компонентов. Термины "закрывающий в себе", "включающий", "несущий", "имеющий", "содержащий" и "вовлекающий" как в письменном описании, так и в формуле изобретения и т.п. являются неокончательными терминами, т.е. используемыми для обозначения "включающий, но не ограничивающийся этим". Следовательно, подразумевается, что использование данных терминов включает в себя пункты, перечисленные после них, и их эквиваленты, а также дополнительные пункты. Только переходные фразы "состоящий из" и "состоящий главным образом из" являются, соответственно, закрытыми или полужакрытыми переходными фразами по отношению к любому пункту формулы изобретения. Использование порядковых терминов, таких как "первый", "второй", "третий" и т.п. в формуле изобретения с целью модификации элемента формулы изобретения само по себе не подразумевает какого-либо приоритета, первенства или определенного порядка расположения одного элемента формулы изобретения по отношению к другому или временного порядка, в котором осуществляются действия согласно способу, а данные термины используются лишь в качестве пометок, даваемых с целью проведения различий между одним элементом формулы изобретения, имеющим определенное имя, и другим элементом, имеющим то же самое имя (за исключением использования порядкового термина) для проведения различий между элементами формулы изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ восстановления вытягивающего растворенного вещества с помощью управляемой осмосом мембранной системы, включающий стадии

обеспечения первой управляемой осмосом мембранной системой, включающей мембрану прямого осмоса и сконфигурированной так, чтобы принимать первый раствор с первой стороны мембраны и обогащенный вытягивающий раствор со второй стороны мембраны;

осмотического выделения растворителя из первого раствора с использованием обогащенного вытягивающего раствора, тем самым приводя к образованию второго раствора с первой стороны мембраны и разбавленного вытягивающего раствора со второй стороны мембраны, при этом второй раствор включает по меньшей мере один первый вид ионов растворенного вещества, полученный в результате обратного ионного обмена через мембрану;

разделения разбавленного вытягивающего раствора с целью восстановления по меньшей мере одного вытягивающего растворенного вещества и растворителя, при этом восстановленный растворитель включает по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества;

рециркуляции восстановленного по меньшей мере одного вытягивающего растворенного вещества в первую управляемую осмосом мембранную систему;

обеспечения второй управляемой осмосом мембранной системой, включающей мембрану обратного осмоса;

создания давления на восстановленный растворитель, находящийся во второй управляемой осмосом мембранной системе, с целью восстановления в значительной степени чистого растворителя и обогащенного раствора, включающего по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества;

рециркуляции обогащенного раствора, включающего по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества, в первую управляемую осмосом мембранную систему, при этом обогащенный раствор добавляется в первый раствор, тем самым приводя, в результате, к получению второго раствора, включающего по меньшей мере один первый вид ионов растворенного вещества и по меньшей мере один второй вид ионов растворенного вещества;

приведения в равновесие по меньшей мере одного первого вида ионов растворенного вещества по меньшей мере с одним вторым видом ионов растворенного вещества с целью образования дополнительного количества удаляемых вытягивающих растворенных веществ;

разделения второго раствора с целью восстановления дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ и третьего раствора.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительно включает стадию рециркуляции дополнительного количества вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что стадия разделения разбавленного вытягивающего раствора включает перегонку.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что обогащенный вытягивающий раствор включает аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении по меньшей мере 1:1.

5. Система осмотического извлечения растворителя из первого раствора, включающая систему прямого осмоса, включающую

первую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником первого раствора;

вторую камеру, имеющую впускное отверстие, соединенное посредством текучей среды с источником обогащенного вытягивающего раствора;

полупроницаемую мембранную систему, отделяющую первую камеру от второй камеры;

первую систему разделения, связанную посредством текучей среды с системой прямого осмоса вниз по потоку от второй камеры и сконфигурированную так, чтобы принимать разбавленный вытягивающий раствор от нее и осуществлять разделение разбавленного вытягивающего раствора на вытягивающие растворенные вещества и поток растворителя;

устройство обмена давлений, связанное посредством текучей среды с системой разделения и сконфигурированное так, чтобы создавать давление и перекачивать поток растворителя;

систему обратного осмоса, связанную посредством текучей среды с устройством обмена давлений и включающую

первую камеру, сконфигурированную так, чтобы принимать поток растворителя, находящийся под давлением;

полупроницаемую мембрану, связанную с первой камерой;

вторую камеру, связанную с полупроницаемой мембраной и сконфигурированную так, чтобы принимать растворитель, текущий через мембрану, при этом первая камера блока обратного осмоса связана посредством текучей среды с первой камерой блока прямого осмоса с целью обеспечения по меньшей мере части первого раствора;

вторую систему разделения, связанную посредством текучей среды с первой камерой системы прямого осмоса и сконфигурированную так, чтобы принимать обогащенный первый раствор от нее и осуществлять удаление по меньшей мере одного из вытягивающих растворенных веществ и потока, прошедшего обработку, из обогащенного первого раствора.

6. Система по п.5, отличающаяся тем, что дополнительно включает систему рециркуляции, находящуюся в сообщении посредством текучей среды со второй системой разделения с целью возвращения отделенных вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор.

7. Система по п.5, отличающаяся тем, что обогащенный вытягивающий раствор включает аммиак и диоксид углерода в молярном соотношении по меньшей мере один к одному.

8. Система по п.5, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна из первой и второй систем разделения включает по меньшей мере одну из перегонной колонны или контактной мембраны.

9. Способ прямого осмоса, включающий стадии

введения первого раствора, включающего растворитель и по меньшей мере одно растворенное вещество, с первой стороны полупроницаемой мембраны;

введения множества затравок в первый раствор;

введения обогащенного вытягивающего раствора со второй стороны полупроницаемой мембраны;

стимулирования зародышеобразования по меньшей мере одного растворенного вещества в первом растворе;

стимулирования протекания по меньшей мере части растворителя через полупроницаемую мембрану с целью образования второго раствора с первой стороны полупроницаемой мембраны и разбавленного вытягивающего раствора со второй стороны полупроницаемой мембраны.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что дополнительно включает стадию направления по меньшей мере части разбавленного вытягивающего раствора в блок разделения с целью восстановления по меньшей мере одного из потока растворителя или вытягивающих растворенных веществ.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что дополнительно включает стадию повторного введения вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор со второй стороны полупроницаемой мембраны с целью поддержания требуемого молярного соотношения в обогащенном вытягивающем растворе.

12. Способ по п.9, отличающийся тем, что дополнительно включает стадию восстановления по меньшей мере части по меньшей мере одного растворенного вещества, выпавшего в осадок из первого раствора.

13. Способ по п.12, отличающийся тем, что стадия восстановления выпавших в осадок растворенных веществ включает дополнительную обработку по меньшей мере одного из растворенного вещества или первого раствора.

14. Система обработки раствора с использованием осмоса, включающая

модуль прямого осмоса, включающий

первую камеру, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с источником первого раствора, включающего растворитель и по меньшей мере одно растворенное вещество;

вторую камеру, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с обогащенным вытягивающим раствором;

полупроницаемую мембрану, связывающую первую камеру и вторую камеру;

средство для введения множества затравок в первую камеру, при этом множество затравок вызывает зародышеобразование по меньшей мере части по меньшей мере одного растворенного вещества, когда первый раствор вводится в первую камеру.

15. Система по п.14, отличающаяся тем, что дополнительно включает модуль разделения, находящийся в сообщении посредством текучей среды со второй камерой с целью восстановления по меньшей мере одного из потока растворителя и вытягивающих растворенных веществ.

16. Система по п.15, отличающаяся тем, что дополнительно включает средство для рециркуляции вытягивающих растворенных веществ в обогащенный вытягивающий раствор.

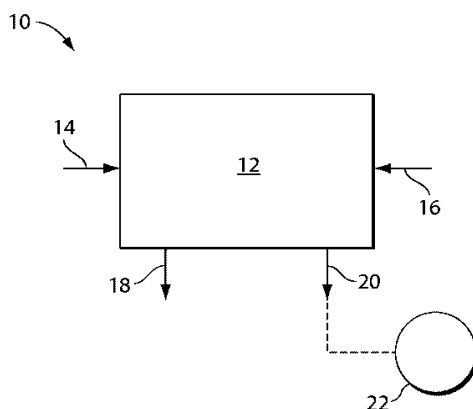
17. Система по п.14, отличающаяся тем, что дополнительно включает модуль восстановления, находящийся в сообщении посредством текучей среды с первой камерой с целью восстановления выпавших в осадок растворенных веществ.

18. Устройство для очистки раствора с использованием осмоса, включающее

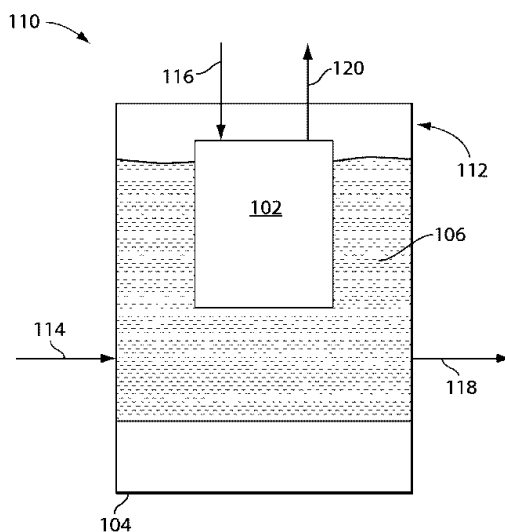
камеру, сконфигурированную так, чтобы принимать первый раствор, включающий растворитель и по меньшей мере одно растворенное вещество;

мембранный модуль, размещенный в камере и включающий полупроницаемую мембрану, имеющую внешнюю поверхность, находящуюся в сообщении посредством текучей среды с первым раствором, и внутреннюю поверхность, предназначенную для того, чтобы принимать обогащенный вытягивающий раствор;

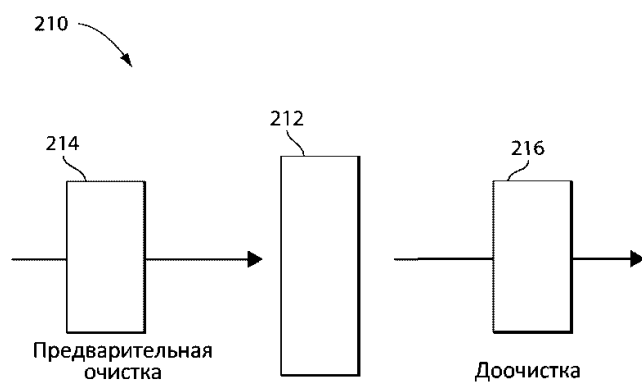
средство для введения множества затравок в камеру, при этом множество затравок вызывает зародышеобразование по меньшей мере части по меньшей мере одного растворенного вещества в первом растворе в камере.



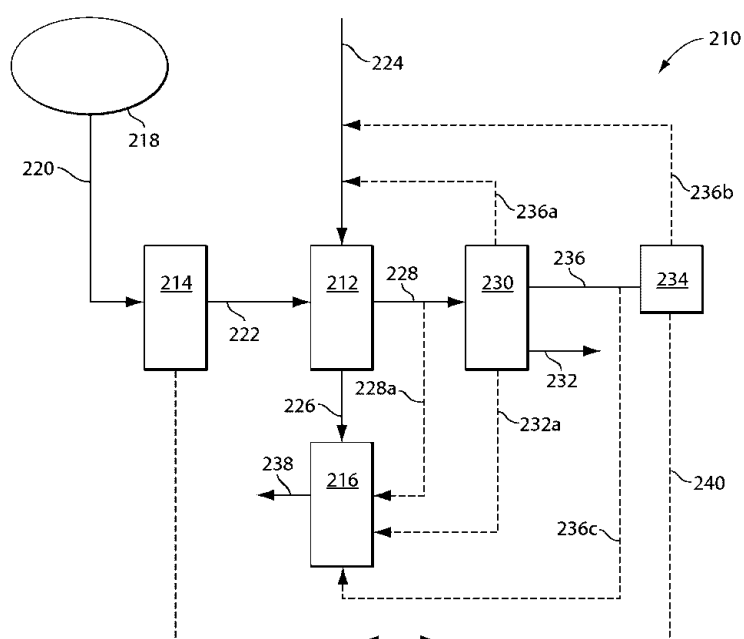
Фиг. 1



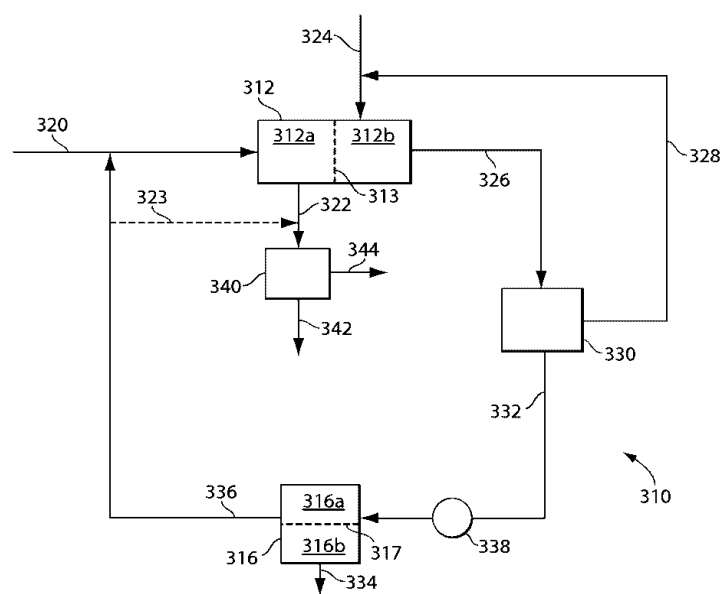
Фиг. 2



Фиг. 3

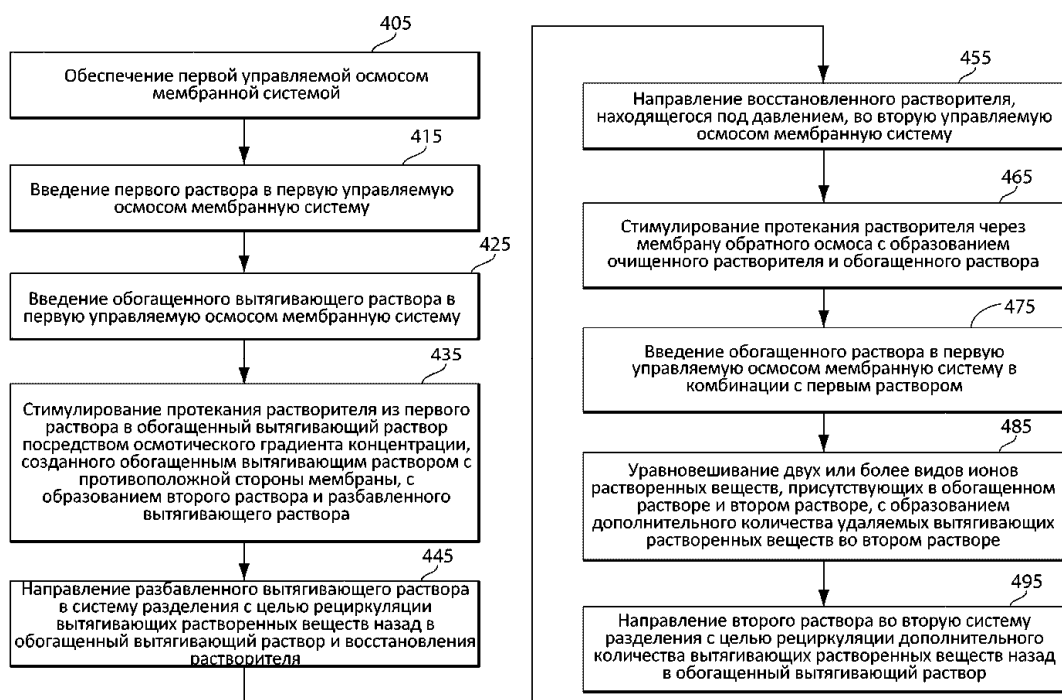


Фиг. 4



Фиг. 5





Фиг. 6



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2