

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041075**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.09.08

(21) Номер заявки
202092873

(22) Дата подачи заявки
2019.06.06

(51) Int. Cl. **C02F 1/44** (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01)
B01D 61/12 (2006.01)
E21B 43/20 (2006.01)
C02F 103/08 (2006.01)
C02F 103/10 (2006.01)

**(54) КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ
ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ**

(31) **1809495.3**

(32) **2018.06.08**

(33) **GB**

(43) **2021.06.30**

(86) **PCT/GB2019/051580**

(87) **WO 2019/234440 2019.12.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БП ЭКСПЛОРЕЙШН ОПЕРЕЙТИНГ
КОМПАНИ ЛИМИТЕД (GB)**

(56) **US-A1-2017334747**
US-A1-2017209834
US-A1-2014311980
US-A1-2013213892

(72) Изобретатель:
Крауч Джон Хенри (GB)

(74) Представитель:
**Веселицкая И.А., Веселицкий М.Б.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Соколов Р.А., Кузнецова Т.В. (RU)**

(57) В изобретении описана система управления, выполненная с возможностью управления работой узла(ов) обратного осмоса (ОО), узла(ов) нанофльтрации (НФ) и/или смесительной системы, включающая панель (ПУ) управления, регулирующие контроллеры (РК) и управляющий контроллер (УК), причем УК обменивается данными с ПУ и с каждым из РК и выполнен с возможностью приема вводимых пользовательских данных от ПУ и приема данных от регулирующих контроллеров, относящихся к данным от датчиков, причем регулирующие контроллеры обмениваются данными с несколькими датчиками и выполнены с возможностью приема данных от датчиков, формирования выходных данных для УК и приема от него разрешений и выдачи команд в устройства в ответ на принятые разрешения от УК, причем УК выполнен с возможностью мониторинга тенденций во входных данных, относящихся к данным, принятым от нескольких РК, и/или прогнозирования последствий по этим данным, и формирования разрешений для регулирующих контроллеров на основе наблюдаемых тенденций и/или вводимых с ПУ пользовательских данных.

041075 B1

041075 B1

Ссылки на родственные заявки

Не применимы.

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу получения слабоминерализованной нагнетаемой воды для нефтеносного продуктивного пласта, имеющей заданный состав, и к системе деминерализации для вырабатывания такой нагнетаемой воды; в частности, настоящее изобретение относится к способу и системе вырабатывания воды с управляемой низкой минерализацией, управляемой концентрацией аниона сульфата и/или управляемой концентрацией многовалентного катиона; в особенности, настоящее изобретение относится к способу и системе вырабатывания воды с управляемой низкой минерализацией, управляемой концентрацией аниона сульфата и/или управляемой концентрацией многовалентного катиона с использованием компьютеризированной системы управления.

Уровень техники

Как показано в международной патентной заявке WO 2008/029124, раскрытие которой включено в настоящее описание посредством ссылки для целей, не противоречащих этому раскрытию, слабоминерализованная вода может быть закачана в нефтеносный пласт для повышения нефтеотдачи из продуктивного пласта.

Сложности, связанные со слабоминерализованным заводнением, обусловлены тем, что при деминерализации может получаться вода с уровнем минерализации ниже оптимального для непрерывного нагнетания в нефтеносный продуктивный пласт в режиме повышенной нефтеотдачи (ПНО). Действительно, деминерализованная вода может нанести ущерб нефтеносному геологическому горизонту продуктивного пласта и может снизить нефтеотдачу, например, вызвав разбухание или перемещение глин так, что они смогут закупорить продуктивный горизонт. При этом существует оптимальная минерализация для нагнетаемой воды, при которой достигается повышенная нефтеотдача при одновременном снижении риска ухудшения коллекторских свойств пласта, а оптимальная минерализация может меняться от горизонта к горизонту, и в пределах одного пласта из-за пространственной неоднородности состава породы по продуктивному пласту (по вертикали и/или в поперечном направлении). Обычно в случае, когда нефтеносный горизонт содержит породу, имеющую большое количество разбухающих глин, ухудшения коллекторских свойств пласта можно было бы избежать с сохранением добычи нефти из горизонта, используя нагнетаемую воду, общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) которой находится в интервале от 200 до 10000 ppm (частей на миллион), например от 500 до 5000 ppm или от 1000 до 5000 ppm.

Другой проблемой, связанной с заводнением слабоминерализованной водой, является то, что для продуктивных пластов, подверженных закислению или образованию твердых отложений, обычно приходится управлять уровнем сульфатов слабоминерализованной нагнетаемой воды. Известно, что нагнетание воды с высоким уровнем анионов сульфатов может способствовать размножению сульфатовосстанавливающих бактерий, образующих сероводород в своем метаболизме, что ведет к закислению продуктивного пласта. Осаждение солей возникает из-за выпадения минерального осадка при смешивании нагнетаемой воды, содержащей фосфаты, с реликтовой водой, содержащей катионы-прекурсоры осаждения, например катионы бария. Если необходимо снизить риск формирования минерального осадка, уровень анионов сульфатов смешанной воды должен быть менее 40 ppm. Однако если требуется снизить риск закисления в продуктивном пласте, уровень анионов сульфатов в подводимой смешанной воде должен быть минимально возможным, например менее 7,5 или менее 5 ppm.

Таким образом, может быть нежелательным смешивать деминерализованную воду с низким содержанием многовалентного катиона с сильноминерализованной водой, например морской водой, из-за высокого содержания аниона сульфата и/или высокого содержания многовалентного катиона в сильноминерализованной воде. Высокое содержание аниона сульфата потоков такой смешанной воды может приводить к закислению продуктивного пласта и/или образованию неприемлемого количества твердого осадка нерастворимых минеральных солей (образование отложений), когда нагнетаемая вода соприкасается с катионом-прекурсором осаждения, например барием, стронцием или катионами кальция, обычно присутствующими в реликтовой воде продуктивного пласта. Кроме того, при смешивании деминерализованной воды с сильноминерализованной водой, например морской водой, может получаться поток смешанной воды, содержащий неприемлемые количества многовалентных катионов, в частности катионов кальция и катионов магния. В вариантах выполнения для приращения нефтедобычи при использовании слабоминерализованной нагнетаемой воды, отношение концентрации многовалентных катионов в слабоминерализованной нагнетаемой воде к концентрации многовалентных катионов в реликтовой воде продуктивного пласта должно быть менее 1, а в некоторых случаях даже еще меньше, например менее 0,9, менее 0,8, менее 0,6 или менее 0,5.

Как показано в международной патентной заявке WO 2007/138327, раскрытие которой включено в настоящее описание посредством ссылки для целей, не противоречащих этому раскрытию, одним способом, при котором может быть увеличена минерализация подводимой воды с чрезмерно низкой минерализацией, является смешивание с водой более высокой минерализации. В соответствии с WO 2007/138327 это может быть достигнуто путем в основном деминерализацией первой подводимой

питательной воды для получения первого потока обработанной воды с низкой минерализацией; обработкой второй подводимой питательной воды для получения второго потока обработанной воды с пониженной концентрацией двухвалентных ионов в сравнении со второй подводимой питательной водой и более высокой минерализацией, чем у первого потока обработанной воды; и смешиванием первого потока обработанной воды и второго потока обработанной воды для получения потока смешанной воды с требуемой минерализацией, пригодной для нагнетания в нефтеносный продуктивный пласт.

В вариантах осуществления в соответствии с WO 2007/138327 минерализация первой подводимой питательной воды в основном снижается процессом обратного осмоса, в то время как обработка второй подводимой питательной воды в вариантах осуществления проводится нанофильтрацией. Нанофильтрация обычно используется в нефтедобывающей промышленности для удаления ионов сульфата из исходной воды. После этого обработанная вода может быть закачана в пласт месторождения без риска формирования неприемлемого количества нерастворимых минеральных солей, когда нагнетаемая вода вступит в контакт с катионами прекурсора осаждения, находящимися в реликтовой воде пласта месторождения. Изобретение WO 2007/138327, таким образом, обеспечивает подачу смешанной воды, имеющей требуемую минерализацию для нагнетания в нефтеносный продуктивный пласт и имеющей пониженный уровень анионов сульфата, благодаря чему снижается риск закисления и образования минеральных отложений либо в пласте месторождения, либо в эксплуатационных скважинах.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предлагается система, выполненная с возможностью управления работой одного или более узлов обратного осмоса (ОО), одного или более узлов нанофильтрации (НФ), смешительной системой или их комбинацией в установке деминерализации, и включающая панель управления (ПУ); несколько регулирующих контроллеров (РК) и управляющий контроллер УК, причем УК обменивается данными с ПУ и с каждым из нескольких РК и выполнен с возможностью: приема вводимых пользовательских данных от ПУ и приема данных от нескольких РК, относящихся к данным от нескольких датчиков в установке деминерализации, причем каждый из нескольких РК обменивается данными с несколькими датчиками и несколько РК выполнены с возможностью приема данных от одного или более из нескольких датчиков, формирования выходных данных для УК и приема от него разрешений и выдачи команд одному или более из нескольких устройств установки деминерализации в ответ на принятые разрешения от УК, причем УК выполнен с возможностью мониторинга тенденций во входных данных, относящихся к данным, принятым от нескольких РК, и/или прогнозирования последствий по этим данным и формирования разрешений для каждого из РК на основе наблюдаемых тенденций, вводимых с ПУ пользовательских данных или их комбинации.

Также раскрыта установка деминерализации, включающая линию впуска воды, один или более узлов обратного осмоса (ОО), имеющих жидкостную связь (сообщающихся) с линией впуска воды, причем каждый из одного или более узлов ОО выполнен с возможностью приема питательной воды ОО и вырабатывания ОО-пермеата и ОО-концентрата; узел нанофильтрации (НФ), имеющий жидкостную связь с линией впуска воды, одним или более узлов ОО или с обоими, причем узел НФ выполнен с возможностью вырабатывания НФ-пермеата и НФ-концентрата; смешительную систему, включающую питательную линию ОО-пермеата, питательную линию НФ-пермеата, точку слияния, выполненную с возможностью смешивания ОО-пермеата из питательной линии ОО-пермеата и НФ-пермеата из питательной линии НФ-пермеата, с получением смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, и отводящую линию, выполненную с возможностью подачи смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему; несколько клапанов (трубопроводная арматура) и насосов, выполненных с возможностью регулирования расходов или давлений различных потоков в установке деминерализации; несколько датчиков, выполненных с возможностью измерения расхода, давления, температуры, состава или комбинации этих параметров в различных потоках в установке деминерализации; систему управления, выполненную с возможностью: управления работой одного или более узлов ОО, узла НФ и смешительной системой в пределах рабочих параметров и поддержания состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах рабочего диапазона, причем система управления содержит несколько регулирующих контроллеров (РК), управляющий контроллер (УК) и панель управления, а УК имеет электронное соединение с ПУ, от которой он принимает вводимые пользовательские данные, и с каждым из нескольких РК, от которых он принимает входные данные, связанные с данными от датчиков, причем каждый из нескольких РК принимает данные от одного или более из нескольких датчиков, вырабатывает выходные данные для УК и получает от него разрешения и направляет команды одному или более из нескольких клапанов и насосов в ответ на полученные разрешения от УК, и УК проводит мониторинг тенденций во входных данных, принимаемых от нескольких регулирующих контроллеров, и определяет разрешения для каждого из РК, основанных на наблюдаемых тенденциях, вводимых пользовательских данных от панели управления, или их комбинации.

Также раскрывается способ получения нагнетаемой воды, при осуществлении которого вырабатывают поток пермеата обратного осмоса, вырабатывают поток пермеата нанофильтрации, смешивают по меньшей мере часть потока пермеата обратного осмоса по меньшей мере с частью потока пермеата нанофильтрации, высокоминерализованным потоком или их комбинацией для получения потока смешан-

ной слабоминерализованной воды и управляют выработыванием потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата и смешиванием до получения рабочих параметров, поддерживают состав потока смешанной слабоминерализованной воды в пределах рабочего диапазона посредством системы управления, содержащей несколько регулирующих контроллеров (РК), управляющего контроллера (УК) и панели управления (ПУ), причем УК обменивается данными с ПУ, от которой он получает вводимые пользовательские данные, и каждым из нескольких РК, от которых он получает входные данные, относящиеся к данным от нескольких датчиков, при этом каждый из нескольких РК получает данные от одного или более из нескольких датчиков, направляет выходные данные к УК и получает от них разрешения, и направляет команды одному или более из нескольких клапанов и насосов в ответ на полученные разрешения от УК, а УК выполняет мониторинг тенденций во входных данных, связанных с данными, принятыми от нескольких РК, и формирует разрешения для каждого из РК на базе наблюдаемых тенденций, вводимых пользовательских данных от панели управления, или комбинации этих данных.

Также раскрывается способ управления составом нагнетаемой жидкости, при осуществлении которого принимают управляющим контроллером (УК) системы управления один или более целевых параметров состава для нагнетаемой жидкости и автоматически регулируют посредством передачи разрешений от управляющего контроллера к одному или более регулирующим контроллерам (РК) системы управления, связанными с одним или более клапанами в установке деминерализации, состояние одного или более клапанов для выработывания нагнетаемой жидкости, соответствующей требованиям по одному или более параметрам состава.

Несмотря на раскрытие здесь ряда вариантов осуществления, для специалистов, ознакомившихся с приведенным ниже подробным описанием, будут очевидны и другие варианты осуществления. Будет понятно, что некоторые раскрытые здесь варианты осуществления могут быть модифицированы в различных своих особенностях в пределах существа и области притязаний представленной здесь формулы изобретения. Соответственно, приведенное далее подробное описание следует рассматривать как частный пример, не ограничивающий изобретение.

Краткое описание чертежей

Приведенные далее фигуры иллюстрируют варианты осуществления раскрытого здесь предмета изобретения. Понимание заявленного предмета изобретения может быть достигнуто рассмотрением приведенного описания со ссылкой на приложенные чертежи, на которых

на фиг. 1 представлена блок-схема системы деминерализации, функционирующей под управлением компьютеризированной системы управления, в соответствии с вариантом осуществления настоящего раскрытия;

на фиг. 2 - блок-схема системы деминерализации, функционирующей под управлением компьютеризированной системы управления, в соответствии с вариантом осуществления настоящего раскрытия;

на фиг. 3 - блок-схема секции ультрафильтрации системы деминерализации, функционирующей под управлением компьютеризированной системы управления, в соответствии с вариантом осуществления настоящего раскрытия; и

на фиг. 4 схематически представлена система управления в соответствии с вариантом осуществления настоящего раскрытия.

Подробное описание осуществления изобретения

В нижеприведенном описании используются следующие термины.

В настоящем описании термин "мембрана" относится к элементам для микрофильтрации (МФ), ультрафильтрации (УФ), обратного осмоса (ОО) или нанофильтрации (НФ). В техническом отношении МФ/УФ элементы можно рассматривать как фильтры, но для простоты здесь они называются мембранами.

"Слабоминерализованной" водой является вода, полученная удалением по меньшей мере части солей (например, NaCl) или других общих растворенных твердых веществ (ОСРТВ) из сильноминерализованной питательной воды или пластовой воды (ПВ). В настоящем раскрытии слабоминерализованной водой может быть вода, имеющая минерализацию, или ОСРТВ, менее 10000, 7500 или 5000, или в интервале от 200 до 10000, от 500 до 5000, или от 1000 до 5000 ppm (частей на миллион).

"Сильноминерализованной питательной водой" является питательная вода для установки деминерализации, которой обычно является морская вода (МВ), вода эстуария, вода водоносного горизонта или их смеси.

"Умягченной водой" является вода, полученная удалением, по меньшей мере, некоторого количества ионов жесткости (например, многовалентных катионов, включая магний и кальций) из сильноминерализованной питательной воды или ПВ.

"Фильтрующий модуль ультрафильтрации (УФ)" содержит сосуд высокого давления, вмещающий один или более УФ-элементов, например от 1 до 8 мембранных элементов, от 1 до 4 или от 4 до 8 УФ-мембранных элементов.

"Модуль обратноосмотической (ОО) фильтрации" содержит сосуд высокого давления или, по-другому, корпус, вмещающий один или более мембранных ОО-элементов, например от 1 до 8 мембранных ОО-элементов или от 4 до 8 мембранных ОО-элементов.

"Фильтрующий модуль нанофильтрации (НФ)" содержит сосуд высокого давления, вмещающий один или более НФ-элементов, например от 1 до 8 мембранных элементов или от 4 до 8 мембранных НФ-элементов.

Обратноосмотической (ОО) "ступенью" или "узлом" установки деминерализации является группа модулей ОО-фильтрации, параллельно соединенных друг с другом. Аналогичным образом, нанофильтрационная (НФ) "ступень" или "узел" установки деминерализации представляет собой группа параллельно соединенных друг с другом модулей НФ-фильтрации.

"Мембранный блок" содержит ступени ОО- и НФ-фильтрации, соединенные друг с другом для обеспечения ступенчатого отделения концентрата и имеющие, как правило, общую систему клапанной арматуры и трубопроводов. Мембранный блок, или два, или более мембранных блоков могут быть смонтированы в передвижном блоке (например, на ползьях).

"Реликтовой водой" является вода, присутствующая в поровом пространстве нефтеносного слоя продуктивного пласта.

"Водной рабочей жидкостью" является водная текучая среда, которая может нагнетаться в нагнетательную скважину после нагнетания пробки малого порового объема (ПО) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды.

"Нефтяная залежь" - хорошо известный специалистам термин, обозначающий часть слоя(ев) пластовой породы, в котором нефтенасыщение повышено благодаря применению способа повышения нефтеотдачи, воздействующего на неподвижную нефть.

"Охваченный поровый объем (ОПО)" - поровый объем слоя(ев) пластовой породы, "промываемый" нагнетаемыми текучими средами (слабоминерализованной нагнетаемой водой и любой водной рабочей жидкостью), между нагнетательной скважиной и эксплуатационной скважиной, усредненный по всем путям прохождения потока между нагнетательной скважиной и эксплуатационной скважиной. В том случае, когда с нагнетательной скважиной связаны две или более эксплуатационные скважины, термин "охваченный поровый объем" означает поровый объем слоя(ев) пластовой породы, охватываемый нагнетаемыми жидкостями, между нагнетательной скважиной и связанными с ней эксплуатационными скважинами.

"Пробка" - низкий поровый объем жидкости, закачанной в нефтеносный слой продуктивного пласта. Величины поровых объемов для пробок слабоминерализованной нагнетаемой воды основываются на охваченном поровом объеме (ОПО) слоя(ев) пластовой породы.

"ОСРТВ" - общее содержание растворенных твердых веществ в водном потоке, обычно выражающееся в мг/л.

Единицей измерения "ppmv" является количество в частях на миллион по объему, что эквивалентно единице "мг/л". В настоящем описании, если не указано иначе, "ppm" означает "ppmv".

Настоящее раскрытие относится к компьютеризированной системе управления, имеющей несколько контроллеров для использования при получении смешанного или "составного" водного потока с управляемым составом (например, минерализацией, содержанием аниона сульфата и т.д.), пригодного для использования в качестве нагнетаемой воды для слабоминерализованного заводнения с одновременным снижением риска ухудшения коллекторских свойств пласта и/или управляемым закислением продуктивного пласта. Заданный состав смешанной нагнетаемой воды может изменяться в процессе работы установки деминерализации, например в процессе ввода скважины в эксплуатацию. Описываемые компьютеризированная система управления и способ могут быть использованы для управления условиями работы в таком процессе деминерализации или установке.

Компьютеризированная система управления и способ согласно настоящему раскрытию могут быть использованы для управления работой установки деминерализации, имеющей распределенную схему управления. На фиг. 1 представлена блок-схема системы I деминерализации, функционирующей под управлением компьютеризированной системы управления в соответствии с вариантом осуществления настоящего раскрытия. Хотя раскрываемая компьютеризированная система управления описывается применительно к использованию со слабоминерализованной нагнетаемой водой для ПНО, она также может быть использована для управления выработкой умягченной воды в вариантах осуществления, где система "деминерализации" или установка содержит систему или установку умягчения.

Установка деминерализации содержит ОО/НФ-мембранный блок 1 установки деминерализации для обработки питательной воды 2 (как правило, морской воды); смесительную систему, состоящую из различных линий для потоков, для формирования смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава; одного или более блоков или систем 52 управления для управления работой установки деминерализации и для управляемого смешивания потока слабоминерализованной нагнетаемой воды в смесительной системе; опциональной емкости 50 для концентрата и насоса 25 для концентрата стабилизации глин и нагнетательную систему для нагнетательной скважины 20. Хотя описывается ОО/НФ-мембранный блок 1, в вариантах осуществления в ОО/НФ-мембранном блоке может быть только ОО или только НФ. Таким образом, в вариантах осуществления ОО/НФ может означать только ОО, только НФ или комбинацию ОО и НФ.

Мембранный блок 1 системы I деминерализации в варианте на фиг. 1 содержит нагнетательный на-

сос 3, ОО-узел 4 и НФ-узел 5. Каждый узел может быть либо одноступенчатым, либо многоступенчатым узлом. ОО-узел 4 содержит несколько ОО-модулей. НФ-узел 5 содержит несколько НФ-модулей. Обычно количество модулей в ОО-узле или НФ-узле выбирается в соответствии с требованиями по производительности ОО-пермеата 9 и НФ-пермеата 13 для потока 18 нагнетаемой воды в ходе основного этапа слабоминерализованного заводнения. Установка деминерализации также может быть иметь обводную линию 17 для питательной воды 2, линию 17а для смешивания пластовой воды (ПВ) с ОО/НФ-водой или ту и другую вместе. Оба узла, ОО и НФ, могут иметь одну и ту же питательную воду (например, МВ или ультрафильтрованную (УФ) воду), как это показано на фиг. 1. Также, однако, возможно, что ОО-концентрат (также называемый "ретентатом") после первой ОО-ступени или узла может быть разделен для формирования питательного потока для второй ступени ОО или узла ОО и для узла НФ, как это показано в варианте осуществления на фиг. 2, описываемом ниже.

В схеме построения, представленной на фиг. 1, нагнетательный насос 3 накачивает питательную воду 2 в ОО-узел 4, где питательная вода разделяется на ОО-пермеат (который протекает по линии 9 ОО-пермеата) и ОО-концентрат (протекающий по линии 8 ОО-концентрата), и через питательную линию 12 в НФ-узел 5, где питательная вода разделяется на НФ-пермеат (протекающий по линии 13 НФ-пермеата) и НФ-концентрат (протекающий по линии 7 НФ-концентрата). Поскольку НФ-модули обычно работают при более низком давлении, чем ОО-модули, давления питательной воды к ОО и НФ-узлам должны быть адаптированы (например, с использованием вспомогательного насоса для ОО-питания или клапана понижения давления (например, клапан V7) для НФ-питания) для согласования рабочих давлений ОО-модулей ОО-узла 4 и НФ-модулей НФ-узла 5. Опционально, нагнетательный насос 3 закачивает часть питательной воды (например, МВ) в смесительную систему через обводную линию 1.

Клапаны V1 и V2 могут быть, по меньшей мере частично, открыты для стравливания ОО-концентрата из линии 8 и НФ-концентрата из линии 7, соответственно, из установки деминерализации. Обычно стравливаемые потоки ОО-концентрата и НФ-концентрата сбрасываются в массив воды (например, море) по линиям 8 и 7 и клапанам V1 и V2 соответственно. НФ-пермеат может нагнетаться в линию 9 ОО-пермеата в смесительной системе для формирования объединенного потока ОО/НФ-пермеата, протекающего по линии 16 потока ОО/НФ-пермеата. Опционально, объединенный поток ОО/НФ-пермеата также включает МВ, ПВ или концентрат стабилизации глин (добавляемый по питательным линиям 17, 17а и/или 26 соответственно).

Флюиды, добываемые из эксплуатационных скважин, проходят к эксплуатационному оборудованию, которое может, в частности, соединяться с основной выкидной линией. Добытые флюиды разделяются в эксплуатационном оборудовании на поток нефти, поток газа и поток пластовой воды (ПВ). Часть потока ПВ или весь поток может быть смешан со слабоминерализованным ОО/НФ-потоком (например, в линии 17а подмешивания ПВ) для получения смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(вод) в линии 18.

Блок 52 управления, подробно описываемый ниже, может следить за показаниями датчика 23 давления для обнаружения любых повышений давления в нагнетательных скважинах 20, прилегающих к продуктивному нефтяному интервалу в области 22 продуктивного пласта. В альтернативном случае или дополнительно, блок 52 управления может отслеживать датчик Q9 потока, расположенный ниже по потоку от нагнетательного насоса(ов) 24, в отношении любого снижения расхода. Как увеличение давления в нагнетательной скважине, так и падение расхода после нагнетательного насоса(ов) 24 может указывать на неприемлемое снижение приемистости скважины, возникающее из-за ухудшения коллекторских свойств пласта. Значения максимально допустимого увеличения давления в нагнетательной скважине 20 и/или значения максимально допустимого падения расхода в нагнетательной линии 58 могут быть введены в блок 52 управления (например, в его управляющий контроллер(ы) 55), где эти значения сопоставляются с приемлемым падением приемистости скважины. Если давление в нагнетательной скважине 20, прилегающей к продуктивному нефтяному интервалу повышается до величины, приближающейся к максимально допустимому увеличению давления или достигает его, либо расход после нагнетательного насоса(ов) в нагнетательной линии 58 падает до величины, приближающейся к максимально допустимому падению расхода или сравнивается с ним, блок 52 управления может выбрать предпочтительный рабочий диапазон для состава смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды, который согласно прогнозу снижает риск ухудшения коллекторских свойств пласта в нефтеносной области или продуктивном нефтяном интервале 22 пласта. Например, предпочтительный рабочий диапазон(ы) для состава(ов) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды может быть определен одним или более из параметров: более высокими граничными значениями для ОСРТВ; более высокими граничными значениями для содержания двухвалентного катиона (в частности, содержания катиона кальция); или более высокими граничными значениями для одной или более стабилизирующих добавок для глин. Блок 52 управления может, в таком случае, управлять, как будет подробно рассмотрено ниже, работой установки деминерализации для регулирования состава комбинированного потока ОО/НФ-пермеата в линии 16 так, чтобы смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода имела состав в пределах предпочтительного рабочего диапазона для области(ей) нефтеносного слоя продуктивного пласта. Например, блок 52 управления может осуществить это отправкой команд для: увеличения количества ОО-пермеата,

сброшенного через линию 11 сброса ОО-пермеата, путем увеличения степени открытия дроссельного клапана V4; увеличения содержания двухвалентного катиона в составном потоке слабоминерализованной нагнетаемой воды путем увеличения количества МВ, смешанной с комбинированным потоком ОО/НФ-пермеата, увеличением степени открытия дроссельного клапана V5; увеличения содержания двухвалентного катиона в составном потоке слабоминерализованной нагнетаемой воды путем увеличения количества ПВ, смешанной с комбинированным потоком ОО/НФ-пермеата, увеличением степени открытия дроссельного клапана V6; и/или для увеличения количества концентрата стабилизации глин в составном потоке 18 слабоминерализованной воды путем увеличения степени открытия дроссельного клапана V10. Блок 52 управления может отслеживать влияние изменений в работе установки деминерализации на расход или состав потока 18 слабоминерализованной нагнетаемой воды (используя, соответственно, датчик Q9 и/или Q10 и датчик S7 расхода) для определения того, попали ли расход и состав смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределы предпочтительного рабочего диапазона для области(ей) продуктивного пласта под влиянием изменений в работе установки, и, при необходимости, может сделать дальнейшие изменения в работе установки для получения составов в пределах более предпочтительного рабочего диапазона, обеспечивающего дополнительные гарантии от риска ухудшения коллекторских свойств пласта. Таким образом, в компьютеризированной системе управления в соответствии с настоящим раскрытием используется блок 52 управления с контуром обратной связи, позволяющий системе вырабатывать составной поток слабоминерализованной нагнетаемой воды, состав которой предотвращает или снижает риск ухудшения коллекторских свойств пласта в области(ях) нефтеносного слоя продуктивного пласта.

После того как пробка смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды низкого порового объема была закачана в нагнетательную скважину 20, в эту скважину 20 через нагнетательную линию 58 может быть закачана водная рабочая жидкость, например пластовая вода (ПВ) или смесь МВ и ПВ, для вытеснения пробки низкого порового объема, а значит и нефтяной зоны, перемещаемой к эксплуатационной скважине. Соответственно, для нагнетательной скважины 20 больше не требуется потоков ОО-пермеата и НФ-пермеата, которые могут быть перенаправлены для вырабатывания смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(вод) по меньшей мере для одной нагнетательной скважины, пробуренной в следующей области продуктивного пласта.

Соотношение смешивания потоков НФ-пермеата и ОО-пермеата можно регулировать изменением степени открытия дроссельных клапанов на линии 11 сброса ОО-пермеата (клапан V4) или линии 10 сброса НФ-пермеата (клапан V3) для изменения состава нагнетаемой воды, закачиваемой в нагнетательную скважину 20 посредством одного или более нагнетательных насосов 24.

На фиг. 2 представлена более сложная система II деминерализации для вырабатывания смешанного или составного водного потока управляемого состава для использования в качестве нагнетаемой воды для слабоминерализованного заводнения с пониженным риском ухудшения коллекторских свойств пласта и сдерживанием закисления в продуктивном пласте. Система II содержит ОО/НФ-мембранный блок 1 установки деминерализации для обработки питательной воды 2. В варианте осуществления на фиг. 2 мембранный блок 1 содержит подающий насос 3, секцию ОО, содержащую первый узел или ступень 4А ОО и второй узел или ступень 4В ОО, и узел или ступень НФ, содержащий единственную НФ-ступень 5. Каждый узел или ступень 4А/4В ОО содержит несколько модулей ОО. Узел или ступень 5 НФ содержит несколько модулей НФ. Для поддержания улучшенного или оптимального функционирования процесса мембранной сепарации, второй узел или ступень 4В ОО обычно содержит меньше модулей ОО, чем первый узел или ступень 4А ОО.

Мембранные блоки 1 вариантов осуществления на фиг. 1 и 2 содержат различные клапаны V1-V10 и различные трубопроводы, выполненные с возможностью обеспечения описанных здесь путей прохождения. В вариантах выполнения клапанами V1-V6 и V10 могут быть дросселирующие клапаны, которые могут быть установлены в разные промежуточные положения, в то время как клапаном V7 может быть клапан снижения давления. Потоками и давлениями в мембранном блоке 1 можно управлять посредством подающего насоса 3, клапанами V1-V9 или любой их комбинацией. В вариантах осуществления для определения расходов в различных линиях систем I и II на фиг. 1 и 2 использовались различные датчики Q1-Q16 расхода. Данные расхода направляются в систему 52 управления (например, в ее регулирующие контроллеры 56 (РК 56) по линиям передачи электрических сигналов (пунктирные линии на фиг. 1 и 2), как будет описано далее). Также в различных линиях для потоков имеются датчики S1-S11 для определения состава (например, полной концентрации твердых растворенных веществ, концентрации отдельных ионов, например, посредством измерения проводимости), температур, давлений или их комбинаций. Полученные датчиками данные могут быть направлены в систему 52 управления (например, в регулирующие контроллеры 56 системы 52 управления, как это было описано ниже) по линиям передачи электрического сигнала или по беспроводной линии.

В схеме на фиг. 2 нагнетательный насос 3 накачивает питательную воду 2 в первую ступень или узел 4А ОО, где питательная вода 2 разделяется на пермеат 9 ОО первой ступени и концентрат 8а первой ступени или узла ОО. Опционально, нагнетательный насос 3 накачивает часть питательной воды (МВ) по обводной линии 17 МВ. Концентрат 8а первой ступени или узла ОО разделяется в разветвителе, образуя

питательный поток 2b для второй ступени или узла 4В ОО и поток в питательной линии 12 для ступени или узла НФ 5. Как показано ниже, потоки через мембранный блок 1 и давления на нем можно регулировать (посредством описываемых здесь компьютеризированной системы управления и блока управления 52) так, чтобы давление питательного потока 2b на второй узел или ступень 4В ОО соответствовали рабочему давлению второй ступени или узла 4В ОО. Давление питательного потока в питательной линии 12 к ступени или узлу НФ 5 может быть скорректировано (например, с использованием клапана V7 снижения давления) так, чтобы оно соответствовало рабочему давлению ступени или узла НФ 5. При необходимости, давление питательного потока 8b для второго узла или ступени 4В ОО может быть увеличено с использованием вспомогательного насоса до уровня, превышающего минимальное рабочее давление второго узла или ступени 4В ОО. В альтернативном варианте на трубопроводе ОО-пермеата 9 первой ступени или узла может быть установлен клапан обратного давления или ограничительная диафрагма для повышения давления ОО-концентрата 8a первого узла или ступени до уровня, превышающего минимальное рабочее давление второго узла или ступени 4В ОО.

Во второй ступени или узле 4В ОО питательный поток 2b разделяется на линию 27 ОО-пермеата второй ступени или узла и линию 8b ОО-концентрата второй ступени или узла, который отводится из мембранного блока 1. Таким образом, в вариантах выполнения клапан 8a может быть, по меньшей мере частично, открыт для обеспечения стравливания ОО-концентрата 8b из второго узла или ступени ОО. ОО-пермеат второй ступени или узла в линии 27 ОО-пермеата второй ступени или узла далее объединяется с ОО-пермеатом 9 первой ступени или узла для формирования комбинированного потока 14 ОО-пермеата.

Ступень или узел 5 НФ разделяет питательный поток в питательной линии 12 на НФ-пермеат 13 и НФ-концентрат 7, который отводится из мембранного блока 1. Таким образом, в данных вариантах осуществления клапан V2 может быть, по меньшей мере частично, открыт для стравливания НФ-концентрата 7. НФ-пермеат 13 далее нагнетается в комбинированный ОО-пермеат 14 для формирования потока ОО/НФ-пермеата в линии 16.

Соотношение смешивания потоков НФ- и ОО-пермеата может регулироваться, например, с использованием раскрываемой компьютеризированной системы управления, посредством изменения степени открытия дроссельных клапанов (V4) на линии 11 сброса ОО-пермеата или (V3) на линии 10 сброса НФ-пермеата для изменения состава нагнетаемой воды, которая нагнетается в нагнетательную скважину 20 через один или более нагнетательных насосов 24.

Как показано в настоящем раскрытии, планируемый характер снижения концентрации ОСРТВ (или планируемый характер изменения концентрации одного или более ионов в нагнетаемой воде) может быть введен в систему 52 управления (например, посредством панели 53 управления, рассматриваемой ниже). Система 52 управления либо отслеживает давление вблизи продуктивного углеводородного интервала 22 нагнетательной скважины 20, используя датчик 23 давления, либо отслеживает показания датчика Q9 расхода, расположенного после нагнетательного насоса(ов) 24 нагнетательной системы, на обнаружение падения расхода (оба этих параметра указывают на снижение приемистости из-за ухудшения коллекторских свойств пласта). Система 52 управления затем изменяет состав нагнетаемой воды 18 в ответ на неприемлемое снижение приемистости путем, например, увеличения концентрации твердых растворенных веществ в нагнетаемой воде 18, увеличением содержания двухвалентного катиона в нагнетаемой воде 18 (в частности, содержания катиона кальция) смешиванием увеличенного количества МВ и/или ПВ по обводной линии 17 питательной воды и/или линии 17a подмешивания ПВ, и/или добавлением увеличенного количества концентрата стабилизации глин из емкости 50 с концентратом в линию 16 потока ОО/НФ-пермеата посредством насоса 25. В вариантах осуществления состав нагнетаемой воды 18 определяют, используя датчик S7. В вариантах осуществления изменение состава автоматизировано так, что составом управляют в реальном времени в соответствии с запланированным характером изменения концентрации (вводится в блок 52 управления, как будет описано ниже) до достижения целевого состава слабоминерализованной воды во время основной фазы слабоминерализованного заводнения или в соответствии с запланированным характером изменения концентрации (вводится в блок 52 управления) для действий в нештатных условиях. К нештатным условиям может относиться снижение приемистости, свидетельством чего является снижение расхода, демонстрируемое датчиком Q9/Q10, или увеличение давления в нагнетательной скважине 20, вблизи нефтегазоносной области или интервала 22 продуктивного пласта. Верхние пределы снижения расхода или повышения давления также могут быть введены в систему 52 управления (например, через панель управления (ПУ) 53, более подробно описанную ниже). Система 52 управления (например, ее управляющий контроллер 55, подробно описанный ниже) может направлять команды (например, к одному или более регулируемому контроллеру (РК) 56) на изменение соотношения смешивания ОО-пермеата 9 и НФ-пермеата 13 путем изменения открытия дроссельных клапанов V4 и/или V3 для достижения планируемого характера концентрации или для решения проблемы нештатных условий. Блок или система 52 управления может также, как будет более подробно описано ниже, изменять концентрацию отдельных ионов в нагнетаемой воде 18, управляя количеством питательной воды, опционально смешиваемой с составным потоком 14 ОО-пермеата 9 и НФ-пермеата 19 и любым из опциональных концентратов стабилизации глин, содержащим ион стабилизации глин, кото-

рый смешивается с этим потоком для формирования потока 18 нагнетаемой воды.

Питательной водой в линии 2 на фиг. 1 и 2 может быть ультрафильтрованная (УФ) вода, например ультрафильтрованная морская вода (МВ). В таких вариантах осуществления система I, II деминерализации, управляемая раскрытой здесь компьютеризированной системой управления, может также содержать секцию ультрафильтрации, выполненную с возможностью ультрафильтрации сильноминерализованной питательной воды. Например, на фиг. 3 изображена секция III УФ, содержащая 8 передвижных блоков 40А-40Н ультрафильтрации. В каждом передвижном блоке 40А-40Н УФ имеется несколько УФ-резервуаров или модулей, и в каждом УФ-модуле или резервуаре имеется несколько УФ-элементов или фильтров. УФ-модулями или мембранами могут быть любые, известные специалистам. В вариантах осуществления модули или мембраны УФ содержат тупиковые мембраны, описанные в международной патентной заявке РСТ/ЕР 2017/067443, опубликованной как WO 2018/015223, раскрытие полностью включено в настоящее описание для целей, не противоречащих этому раскрытию.

Внутри передвижных блоков УФ происходит удаление частиц из питательной воды, подаваемой по выпускной линии(ям) 34 НФ питательной воды, для выработки воды УФ фильтрата, извлеченного из передвижных блоков УФ по выпускной УФ линии(ям) 41. Например, питательная вода может вводиться в передвижные блоки 40А, 40В, 40С, 40D, 40Е, 40F, 40G, 40Н ультрафильтрации по линиям 34А, 34В, 34С, 34D, 34Е, 34F, 34G, 34Н соответственно, а ультрафильтрованная вода отводится из передвижных блоков 40А, 40В, 40С, 40D, 40Е, 40F, 40G, 40Н УФ по УФ выпускным линиям 41А, 41В, 41С, 41D, 41Е, 41F, 41G, 41Н соответственно. Ультрафильтрованная вода в УФ выпускных линиях 41А, 41В, 41С, 41D, 41Е, 41F, 41G, 41Н может быть скомбинирована для получения УФ воды в УФ линии 42. Питательная вода в линии(ях) 34 может содержать морскую воду (МВ), солоноватую воду, воду водоносных слоев, ПВ или их комбинацию и может вводиться в передвижной блок(и) УФ с использованием одного или более насоса(ов) высокого давления (например, подъемных насосов морской воды), теплообменников и др. Например, как показано для вариантов осуществления на фиг. 3, часть 30а питательной воды из подающих насосов питательной воды и фильтра(ов) грубой очистки в линии 30 может проходить через теплообменник 32 перед введением в блоки УФ по линии(ям) 34. Линия 30b может быть использована для обхода теплообменника 32. УФ вода может храниться в буферной емкости 45 перед ее подачей в находящийся далее в технологической цепи ОО/НФ мембранный блок 1 (см. фиг. 1 и 2) по линии 2. Секция III ультрафильтрации может содержать несколько насосов, клапанов V и/или датчиков S и Q. Например, как подробно показано далее, секция III УФ может содержать один или более из датчиков S12, S13, S14 и Q17, клапаны V11, V12 и V13. Секция III УФ может удалять большую часть взвешенных твердых частиц (например, 99% взвешенных твердых частиц с диаметром более 0,02 мкм) для получения УФ воды в линии 42/2.

Система деминерализации, управляемая посредством раскрытой здесь компьютеризированной системой управления, содержит несколько клапанов (например, клапанов V1-V13 на фиг. 1-3) и различные линии для потоков (трубопроводы), приспособленные для формирования описываемых далее путей прохождения потока. Клапанами V1-V13 могут быть дроссельные клапаны, степень открытия которых (например, полностью открытое положение, полностью закрытое положение или различные промежуточные положения) может устанавливаться блоком 52 управления (например, посредством его РК 56, как это описано ниже), и которые подробно описаны ниже. Например, как отмечалось выше, блок 52 управления может управлять потоками через мембранный блок 1 и давлениями на нем, управляя нагнетательным насосом 3, клапанами V1-V13 или любой их комбинацией. Для ясности представления электрические соединения между блоком 52 управления и различными устройствами, которыми он управляет, например, помимо прочих, нагнетательным насосом 3 и клапанами V1-V13, на фиг. 1-3 не показаны. Кроме того, как отмечается ниже, в некоторых вариантах осуществления связь между блоком 52 управления и различными устройствами, которыми он управляет, может включать беспроводную связь, например Wi-Fi или Bluetooth. Система и способ деминерализации в соответствии с настоящим раскрытием может содержать, а может и не содержать каждый из клапанов, показанных на фигурах, и может содержать дополнительные клапаны, не упомянутые в настоящем раскрытии. Для специалистов это должно быть очевидным.

Система деминерализации, управляемая посредством описанной здесь компьютеризированной системы управления, содержит ряд датчиков, имеющих обозначения "S" и "Q" на фигурах. Например, как более подробно описано ниже со ссылкой на систему 52 управления, система деминерализации может содержать несколько датчиков Q расхода. В вариантах осуществления на фиг. 1-3 датчики Q1-Q17 расхода используются для определения расхода в различных линиях для потоков. Данные с датчиков расхода могут быть направлены от датчиков Q1-Q17 расхода к блоку 52 управления (например, к его регулирующим контроллерам 56, описываемым ниже) по линиям передачи электрических сигналов (пунктирные линии на фиг. 1-3) или по беспроводным линиям связи, например каналам связи на основе Wi-Fi или Bluetooth. Система и способ в соответствии с настоящим раскрытием могут включать, а могут и не включать каждый из датчиков Q расхода, показанных на фигурах, и могут включать дополнительные датчики расхода, не упомянутые здесь. Для специалистов это должно быть очевидным. Например, датчики Q1 и Q2 расхода в варианте осуществления на фиг. 1 на линиях 8 и 7 ОО-концентрата и НФ-

концентрата, соответственно, в вариантах осуществления могут быть опущены.

Кроме того, как более подробно описано ниже применительно к системе 52 управления, система деминерализации, управляемая компьютеризированной системой управления и способом, представленными в настоящем раскрытии, могут содержать несколько датчиков S, выполненных с возможностью измерения другого параметра в системе деминерализации, например, помимо прочего, температуры, давления, расхода, состава (например, концентрации общего содержания растворенных твердых частиц (ОСРТВ), проводимости, концентрации(ий) отдельного иона(ов) или отдельных ионов по типам ионов, например многовалентных катионов или двухвалентных катионов и т.д.) в различных линиях для потоков. Например, данные также могут быть направлены от датчиков S1-S14 на фиг. 1-3 к блоку 52 управления (например, его регулирующим контроллерам 56, как это описано ниже) по линиям передачи электрических сигналов (пунктирные линии, показанные на фиг. 1-3) или по беспроводным каналам связи, например каналам связи на основе Wi-Fi или Bluetooth. Система и способ деминерализации в соответствии с настоящим раскрытием могут содержать, а могут и не содержать каждый из показанных на фигурах датчик S и могут содержать дополнительные датчики, не упомянутые здесь. Для специалистов это должно быть очевидным. Например, датчики S4 и S5 на линиях 8 и 7 ОО-концентрата и НФ-концентрата, соответственно, могут быть опущены. Датчик S6 на опциональной питательной линии 26 концентрата стабилизатора глин также может быть исключен, если концентрация добавки в емкости с концентратом была точно измерена и остается неизменной в течение времени (в этом случае, измеренная концентрация добавки в концентрате может быть введена в блок 52 управления). Также представляется, что датчики S11, S2 и S3 на опциональной обводной линии 17 МВ, на линии 9 ОО-пермеата и питательной линии 13 НФ-пермеата, соответственно, могут быть опущены, когда предполагается, что составы МВ, ОО-пермеата и НФ-пермеата останутся в целом неизменными в течение времени.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего раскрытия система 52 управления имеет программное обеспечение (ПО) централизованного управления. В вариантах осуществления имеется централизованная компьютеризированная система 52 управления для оборудования деминерализации. Как показано на фиг. 4, схематически представляющей систему 52 управления, в вариантах осуществления система 52 управления содержит панель 53 управления (ПУ), управляющий контроллер (или контроллер упреждающего регулирования) 55, который управляет одним или более регулируемыми контроллерами 56 (например, первым регулирующим контроллером РК1 (56А), вторым регулирующим контроллером РК2 (56В), третьим регулирующим контроллером РК3 (56С), ..., n-ым регулирующим контроллером РК n (56n)) в реальном масштабе времени. Компьютеризированная система 52 управления может содержать один или несколько управляющих контроллеров 55. Например, в вариантах осуществления реализуется другой уровень управления, при котором несколько управляющих контроллеров 55, например, обмениваются данными с меньшим числом (например, одним) главных контроллеров. Например, разные контроллеры могут управлять работой ОО для вырабатывания нужной ОО-воды, НФ для вырабатывания нужной НФ-воды, смешиванием для получения заданной смешанной воды (например, нужной ОО/НФ-воды, опционально, в комбинации с МВ, ПВ и/или концентратом ионов) и т.д. Система 52 управления может в вариантах осуществления обладать возможностями логики упреждающего управления. Например, система 52 управления может иметь цифровую модель установки, на основании которой управляющий контроллер 55 может прогнозировать результаты действий и/или управлять событием в реальном времени. В вариантах осуществления УК 55 может опираться на модель процесса, выполняемую в реальном времени, которая позволяет УК 55 производить изменения для предотвращения возникающего отклонения параметров и/или минимизировать продолжительность отклонений по одному или более определяемым параметрам.

Регулирующий контроллер(ы) 56 может управлять единственной операцией, например, открытием и закрытием клапанов в ходе работы различных модулей (модулей УФ, модулей ОО и модулей НФ) и во время циклов их очистки. Регулирующий контроллер(ы) 56 может поддерживать различные показания датчиков на заданном значении или в пределах заданного интервала. Управляющий контроллер 55 может направлять данные и заданные значения параметров в регулирующие контроллеры 56 в придачу к выдаче разрешения регулируемому контроллеру(ам) 56 на выполнение действия. Например, управляющий контроллер 55 может выдать команду регулируемому контроллеру(ам) 56, когда нужно открыть и закрыть клапаны, и скорость, с которой клапаны открывать и закрывать. Управляющий контроллер(ы) 55 может, например, вмешаться, если он обнаружит, что давление в линии или расход в ней не укладываются в заданные пределы. Это может быть применимо к одному регулируемому контроллеру или к нескольким регулирующим контроллерам. Например, управляющий контроллер(ы) 55 может вмешаться, когда давление во входящей линии выше или ниже порога или заданного значения, и отключить модули на входном или выходном потоке (например, не давая разрешения на работу одного или более регулирующих контроллеров). Система 52 централизованного управления может таким образом оптимизировать работу установки I, II в реальном времени работы различных модулей. В вариантах осуществления система 52 централизованного управления также управляет составом смешанного потока ОО-пермеата/НФ-пермеата (в заданных пределах), как это описано в настоящем раскрытии, и координирует подмешивание пластовой воды (ПВ) и/или подмешивание МВ, концентрата стабилизации глин, или того

и другого в составной поток пермеата ОО/пермеата НФ (в заданных пределах).

Компьютеризированная система 52 управления может, таким образом, содержать несколько регулирующих контроллеров 56. Регулирующий контроллер 56 может быть ассоциирован с каждым модулем, например, регулирующий контроллер 56 может быть выполнен с возможностью управления работой каждого узла ОО, каждого узла НФ и т.д. Например, регулирующий контроллер может управлять работой насоса, например, нагнетательного насоса 3 высокого давления. Такой регулирующий контроллер может принимать данные измерений давления на входе и давления на выходе (а также других входных параметров, например температуры, вводимых пороговых значений и т.д.). Регулирующий контроллер 56 может затем либо выполнять регулировку клапана давления и/или расхода нагнетания насоса для управления изменением перепада давления на насосе, или результирующего давления после насоса. В вариантах выполнения каждый основной процесс системы деминерализации I, II (например, УФ, ОО, НФ, смешивание, нагнетание) имеет свой собственный регулирующий или управляющий контроллер.

Данный регулирующий контроллер 56 может быть ассоциирован с конкретным узлом системы I, II деминерализации и управлять работой этого модуля. Каждый регулирующий контроллер может функционировать как устройство ввода/вывода, принимая входные данные и вырабатывая выходные данные. Каждый регулирующий контроллер при этом принимает входные данные от одного или более датчиков (например, от датчиков S1-S14, приспособленных для вырабатывания значения температуры, давления и/или состава для различных технологических потоков, и/или датчиков Q1-Q17 расхода, приспособленных для вырабатывания значений расхода различных технологических потоков) и от управляющего контроллера 55. В ответ на принятые входные данные каждый регулирующий контроллер 56 позволяет получить выходные данные в соответствии со входными данными. Например, регулирующий контроллер(ы) 56 может быть использован для установки клапана(ов) в открытое, закрытое или частично открытое положения для выдачи команды насосу(ам) на включение или прекращение работы, или комбинации команд. При этом каждый РК 56 может быть соединен прямым электрическим соединением или беспроводным соединением (например, Wi-Fi, Bluetooth) с ассоциированным с ним узлом(ами), например насосом и/или клапаном.

Как отмечалось выше применительно к вариантам осуществления на фиг. 1-3, в секциях УФ и ОО/НФ могут располагаться разные датчики (например, аналоговые датчики), связанные обменом данными с одним или более регулирующими контроллерами 56, которые, в свою очередь, обмениваются данными с управляющим контроллером(ами) 55. Например, датчики ОО могут включать, среди прочего, один или более датчиков, выполненных с возможностью измерения и/или обеспечения вычисления (например, регулирующим контроллером 56) нагнетательного давления в узел ОО (например, в узел 4 ОО, или первый узел 4А ОО), скорости изменения давления подачи в узел ОО (например, в узел 4 ОО, первый узел 4А ОО и/или второй узел 4В ОО), расхода подачи в узел ОО (например, в узел 4 ОО, первый узел 4А ОО и/или второй узел 4В ОО), давления концентрата из узла ОО (например, из узла 4 ОО, первого узла 4А ОО и/или второго узла 4В ОО), давления пермеата из узла ОО (например, из узла 4 ОО, первого узла 4А ОО и/или второго узла 4В ОО), перепада давления на узле ОО (например, на узле 4 ОО, первом узле 4А ОО и/или втором узле 4В ОО), проводимости пермеата для узла ОО (например, узла 4 ОО, первого узла 4А ОО и/или второго узла 4В ОО), ОСРТВ пермеата из узла ОО (например, из узла 4 ОО, первого узла 4А ОО и/или второго узла 4В ОО), давления концентрата из узла ОО (например, из узла 4 ОО, первого узла 4А ОО и/или второго узла 4В ОО), температуры пермеата из узла ОО (например, из узла 4 ОО, первого узла 4А ОО, второго узла 4В ОО, объединенного ОО-пермеата, например, в линии 14), степени извлечения в узле ОО (например, вычисленной как разница между расходом подачи в узел ОО и расходом концентрата, выходящего из узла ОО, и представленной в виде части расхода подачи в узел ОО), или комбинации этих параметров. Например, как показано в варианте осуществления на фиг. 1, один или более датчиков S1 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления подачи в узел ОО (например, узел 4 ОО), скорости изменения давления подачи в узел 4 ОО или комбинации этих параметров; один или более датчиков S2 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления пермеата на выходе узла 4 ОО, проводимости пермеата на выходе узла 4 ОО, ОСРТВ пермеата на выходе узла 4 ОО, температуры пермеата на выходе узла 4 ОО или комбинации этих параметров; один или более датчиков S5 может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления концентрата на выходе узла 4 ОО; один или более датчиков Q14 расхода может быть приспособлен для измерения или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода подачи в узел 4 ОО; один или более датчиков Q1 расхода может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода концентрата на выходе узла 4 ОО; один или более датчиков Q4 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, РК 56) расхода сброса ОО-пермеата через линию 11 сброса ОО-пермеата и разгрузочный клапан V4 для ОО-пермеата; один или более датчиков Q6 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода ОО-пермеата в линии 9 ОО-пермеата; или комбинации этих параметров.

В варианте осуществления на фиг. 2 один или более датчиков S1 могут быть приспособлены для

измерения или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления подачи в первый узел 4А ОО, скорости изменения давления подачи в первый узел 4А ОО или комбинации этих параметров; один или более датчиков S5 может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) давления концентрата на выходе первого узла 4А ОО, давления подачи во второй узел 4В ОО, скорости изменения давления подачи во второй узел 4В ОО или их комбинации; один или более датчиков S2 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) давления пермеата на выходе первого узла 4А ОО, проводимости пермеата на выходе первого узла 4А ОО, ОСРТВ пермеата на выходе первого узла 4А ОО, температуры пермеата на выходе первого узла 4А ОО, или комбинации этих параметров; один или более датчиков S9 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) давления пермеата на выходе второго узла 4В ОО, проводимости пермеата на выходе второго узла 4В ОО, ОСРТВ пермеата на выходе второго узла 4В ОО, температуры пермеата на выходе второго узла 4В ОО или комбинации этих параметров; один или более датчиков Q14 расхода может быть приспособлен для измерения или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода подачи в первый узел 4А ОО; один или более датчиков Q12 расхода может быть приспособлен для измерения или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода концентрата из второго узла 4В ОО; один или более датчиков Q4 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода сброса ОО-пермеата через линию 11 сброса ОО-пермеата и разгрузочный клапан V4 для ОО-пермеата; один или более датчиков Q6 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода ОО-пермеата в линии 14 объединенного ОО-пермеата; один или более датчиков Q16 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода подачи во второй узел 4В ОО-пермеата; или комбинации этих параметров.

В качестве частных примеров, не ограничивающих изобретение, датчики НФ (которые могут предоставлять входные данные в регулирующий контроллер(ы) 56) могут включать, помимо прочего, один или более датчиков, приспособленных для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) давления подачи в узел НФ, давления пермеата на выходе узла НФ, проводимости пермеата на выходе узла НФ, ОСРТВ пермеата на выходе узла НФ, давления концентрата на выходе узла НФ, расхода концентрата на выходе узла НФ, падения давления на узле НФ, скорости изменения давления подачи в узел НФ, степени извлечения в узле НФ (например, вычисленной как разница между расходом подачи в узел НФ и расходом концентрата, выходящего из узла ОНФ, и представленной в виде части расхода подачи в узел НФ), или комбинации этих параметров.

Например, как показано в вариантах осуществления, представленных на фиг. 1 и 2, один или более датчиков S3 могут быть приспособлены для измерения и/или для вычисления давления пермеата на выходе узла 5 НФ, проводимости пермеата на выходе узла 5 НФ, ОСРТВ пермеата на выходе узла 5 НФ, температуры пермеата на выходе узла 5 НФ, или комбинации этих параметров; один или более датчиков S4 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления концентрата на выходе узла 5 НФ; один или более датчиков S10 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления подачи в узел 5 НФ, скорости изменения давления подачи в узел 5 НФ, или комбинации этих параметров; один или более датчиков Q15 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода подачи в узел 5 НФ; один или более датчиков Q2 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения измерения (например, посредством РК 56) расхода концентрата на выходе узла 5 НФ; один или более датчиков Q3 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода сброса НФ-пермеата через линию 10 сброса НФ-пермеата и разгрузочный клапан V3 для пермеата; один или более датчиков Q7 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством регулирующего контроллера 56) расхода НФ-пермеата в линии 13 НФ-пермеата; или комбинации этих параметров.

Как показано на фиг. 1, датчик S6 может быть приспособлен для предоставления и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) состава, температуры, давления или комбинации этих параметров для потока концентрата в линии 26 концентрата из емкости 50 с концентратом, а датчик Q8 расхода может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода в линии 26 концентрата из насоса 25 концентрата. Один или более датчиков S7 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) температуры, давления и/или состава потока слабоминерализованной нагнетаемой воды в линии 18 слабоминерализованной воды для ПНО, и датчик Q10 расхода может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода в этой линии. Когда система I, II деминерализации вырабатывает слабоминерализованную смешанную воду для ПНО, содержащую ОО/НФ (например, ОО и/или НФ-воду) воду в комбинации с морской водой (МВ) и/или пластовой водой (ПВ),

один или более датчиков S11 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) температуры, давления и/или состава морской воды в обводной линии 17 МВ, датчик Q5 расхода может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода морской воды в обводной линии 17 МВ, один или более датчиков S8 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) температуры, давления и/или состава пластовой воды в линии 17а ПВ, датчик Q11 расхода может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода пластовой воды в линии 17а ПВ, или комбинацию этих датчиков.

В частном примере, УФ-датчики (формирующие входные данные в регулирующий контроллер(ы) 56) могут включать, среди прочего, один или более датчиков, приспособленных для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления подачи в УФ, расхода подачи в УФ, давления обратной промывки в УФ, давление фильтрата на выходе УФ, перепада давления на УФ, скорости изменения перепада давления на УФ мембранах, или комбинации этих параметров. Например, как показано в вариантах осуществления на фиг. 3, один или более датчиков S12 может быть приспособлен для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) температуры в УФ питательной линии(ях) 34; один или более датчиков S13 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления в УФ питательной линии(ях) 34; один или более датчиков S14 могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) давления в линии(ях) 41 УФ фильтрата; один или более датчиков Q17 расхода могут быть приспособлены для измерения и/или обеспечения вычисления (например, посредством РК 56) расхода в УФ питательной линии(ях) 34; или комбинации этих параметров.

В ответ на поступающие входные данные от датчиков (S, Q) или УК 55 регулирующие контроллеры 56 могут использоваться для установки одного или более клапанов в открытое, закрытое или частично открытое положение. Например, один или более ОО/НФ или смесительных клапанов могут быть выполнены с возможностью управления расходом подачи питательного потока ОО, ОО-пермеата, НФ-пермеата, ОО-концентрата, НФ-концентрата, смешанной ПВ в слабоминерализованную воду для ПНО, смешанной МВ в слабоминерализованную воду для ПНО, смешанного концентрата в слабоминерализованную воду для ПНО, сбрасываемой воды ОО-пермеата, сбрасываемой воды НФ-пермеата или их комбинации. Например, в вариантах, представленных на фиг. 1 и 2, один или более клапанов V9 могут управлять потоком слабоминерализованной воды высокого давления в линии 2; один или более клапанов V1 могут управлять потоком ОО-концентрата в линии 8/8А ОО-концентрата; один или более клапанов V2 могут управлять потоком НФ-концентрата в линии 7 НФ-концентрата; один или более клапанов V3 могут управлять потоком НФ-пермеата в линии 10 сброса НФ-пермеата; один или более клапанов V4 могут управлять потоком ОО-пермеата в линии 11 сброса ОО-пермеата; один или более клапанов V5 могут управлять потоком МВ в обводной линии 17 МВ; один или более клапанов V6 могут управлять потоком ПВ в линии 17а подмешивания ПВ; один или более клапанов V7 могут управлять потоком и/или давлением питательной воды в НФ 5; один или более клапанов V8 могут управлять потоком ОО-концентрата из второго узла 4В ОО; один или более клапанов V10 могут управлять потоком ПВ в линии 17а подмешивания ПВ; или комбинации этих клапанов.

Например, один или более клапанов УФ может быть приспособлен для управления расходом подачи УФ, расходом в обход теплообменника 32, УФ обратной промывки или их комбинации. Например, в варианте осуществления на фиг. 3 один или более клапанов V11 может быть приспособлен для управления потоком в обход теплообменника 32; один или более клапанов V12 может быть приспособлен для управления потоком в каждый передвижной блок 40А/40В/40С/40D/40Е/40F/40G/40Н; один или более клапанов V13 могут быть приспособлены для управления потоком обратной промывки (ОП) в каждом передвижном блоке УФ; или их комбинация.

Регулирующие контроллеры 56 могут также выдавать в УК 55 выходные данные, показывающие "состояние" или "режим" соответствующего модуля (узла). Например, режимы УФ могут включать такие варианты, как, например, обслуживание УФ, отключение УФ, резервный режим УФ, работу УФ, обратную промывку УФ, усиленную обратную промывку с хлором (УОПХ), очистку УФ (например, химическую очистку на месте или ХОМ), просушивание УФ (например, просушивание передвижного УФ блока), заполнение УФ (например, заполнение передвижного УФ блока водой), испытание УФ на целостность (например, проверка состояния мембранных волокон), испытание на сохраняемость и пригодность для работы в зимних условиях (например, добавлением консервирующих химических препаратов), хранение УФ (например, мембран в условиях хранения), расконсервация УФ (например, вымывание консервирующих химических препаратов) и т.п. Аналогично, состояния или режимы ОО/НФ могут включать обслуживание ОО/НФ, отключение ОО/НФ, резервный режим ОО/НФ, работу ОО/НФ, бактерицидную обработку в рабочем режиме ОО/НФ, промывку ОО/НФ, очистку ОО/НФ-узла с использованием ХОМ (например, ХОМ первого узла ОО, ХОМ второго узла ОО, ХОМ узла НФ и т.д.), испытание ОО/НФ на сохраняемость и пригодность для работы в зимних условиях (например, испытание первого узла ОО на сохраняемость и пригодность для работы в зимних условиях, второго узла ОО и /или узла НФ), испытание на хранение ОО/НФ (например, первый узел ОО испытан на хранение/работу в зимних условиях, НФ-

узел испытан на хранение/работу в зимних условиях и т.д.), расконсервацию ОО/НФ (например, расконсервацию/вывод из зимнего режима первого узла ОО, расконсервацию/вывод из зимнего режима второго узла ОО, расконсервацию/вывод из зимнего режима узла НФ и т.д.). Эти режимы показывают УК 55, насколько работоспособен соответствующий узел.

Вообще, система выработки слабоминерализованной воды управляется давлением. Например, для блоков ОО и НФ, вырабатывающих смешанную слабоминерализованную нагнетаемую ОО/НФ воду, характерна примерно 50%-ная степень извлечения фильтрованных жидкостей, остальное составляет ретентат; по мере падения температуры системы растут требования к величине давления, а степень извлечения (т.е. количество пермеата) падает. Посредством компьютеризированной системы управления и способа, предложенных в настоящем раскрытии, блок 52 управления может регулировать работу системы деминерализации в интервале давлений, допустимых для резервуара, одновременно стремясь в вариантах осуществления получить и поддерживать необходимый поток слабоминерализованной воды в пределах заданного диапазона концентраций. В частных примерах, в вариантах осуществления УК 55, действуя через посредство регулирующих контроллеров, поддерживает давление подачи в первый узел 4А ОО в интервале примерно от 0 до 80 бар избыточного давления (изб.), перепад давления на первом узле 4А ОО в интервале примерно от 0 до 5 бар изб., давление первого ОО-пермеата в интервале примерно от 0 до 16 бар изб., скорость изменения давления подачи в первый узел 4А ОО в интервале примерно от 0 до 5 бар изб./с, давление концентрата первого узла 4А ОО в интервале примерно от 0 до 80 бар изб., проводимость пермеата первого узла ОО в интервале примерно от 50 до 500 мкСм/см, давление подачи во второй узел 4В ОО в интервале от примерно 0 до 80 бар изб., перепад давления на втором узле 4В ОО в интервале примерно от 0 до 5 бар изб., давление второго ОО-пермеата в интервале примерно от 0 до 16 бар изб., скорость измерения давления подачи во второй узел 4В ОО в интервале примерно от 0 до 5 бар изб./с, проводимость пермеата второго узла ОО в интервале примерно от 50 до 500 мкСм/см, ОСРТВ ОО-пермеата в интервале примерно от 50 до 4000 ppm, давление подачи в узел 5 НФ в интервале примерно от 0 до 50 бар изб., перепад давления на узле 5 НФ в интервале примерно от 0 до 5 бар изб., давление НФ-пермеата в интервале примерно от 0 до 16 бар изб., скорость изменения давления подачи в узел НФ в интервале примерно от 0 до 5 бар изб./с, давление концентрата НФ в интервале примерно от 0 до 50 бар изб., проводимость НФ-пермеата в интервале примерно от 50000 до 120000 мкСм/см, ОСРТВ НФ-пермеата в интервале примерно от 20000 до 60000 ppm, расход подачи в первый узел 4А ОО в интервале примерно от 0 до 800 м³/ч, расход подачи во второй узел 4В ОО в интервале примерно от 0 до 600 м³/ч, расход концентрата (или "ретентата") из второго узла 4В ОО в интервале примерно от 0 до 600 м³/ч, расход подачи в узел 5 НФ в интервале примерно от 0 до 100 м³/ч, расход концентрата (или "ретентата") из узла 5 НФ в интервале примерно от 0 до 50 м³/ч, температуру пермеата узла ОО и/или НФ в интервале примерно от 0 до 40°C, степень извлечения первого узла ОО, второго узла ОО и/или узла НФ в интервале от 10 до 35 об.%, или комбинации этих параметров. В вариантах осуществления мембранные модули ОО используются при перепаде давления на мембране, обеспечивающем степень извлечения ОО-пермеата в интервале от 35 до 75 об.%, от 35 до 65 об.%, от 35 до 60 об.%, от 45 до 55 об.% или от 50 до 55 об.% относительно объема питательной воды ОО.

Управляющий контроллер (УК) 55 связан обменом данными с каждым регулирующим контроллером (РК) 56 и посредством цифровой модели может получать информацию о результатах изменений. В вариантах осуществления УК 55 делает перекрестную проверку различных порогов и параметров и может либо переустанавливать пороговые значения в отдельных регулирующих контроллерах 56, либо просто блокировать их команды для решения более важной для процесса в целом задачи. В вариантах осуществления УК 55 может отслеживать тенденции изменения значений, поступающих от регулирующих контроллеров 56, и прогнозировать последующую работу (и отдавать разрешения регулируемому контроллеру(ам) 56) на основе наблюдаемых тенденций. В таких вариантах осуществления управляющие контроллеры 56 направляют числовые данные (например, как входные данные от датчиков, так и выходные данные, например вычисленные значения (например, скорости изменения давления подачи, степени извлечения и т.д.)), назад в УК 55. В вариантах осуществления разрешение УК 55 выражается в том, что он направляет разрешение обратно к каждому РК 56, позволяя ему работать. В таких вариантах осуществления РК 56 либо получает разрешение на управление процессом, либо команду на отключение. Возможны также и другие схемы управления (например, простое изменение заданных значений или порогов для достижения цели), попадающие в область притязаний настоящего раскрытия.

Управляющий контроллер(ы) 55 используется для мониторинга последствий сделанных изменений в работе установки I, II деминерализации для получения гарантии безопасности этих изменений. Например, как отмечалось выше, управляющий контроллер 55 может отслеживать скорости изменений давления или скорости изменения расхода в линиях. Управляющий контроллер 55 также может учитывать временные задержки от момента предпринятого воздействия до проявления эффекта этого воздействия (например, подобные задержки возникают из-за наличия мертвых пространств, присущих конструкции установки деминерализации) и может, например, дать команду регулируемому контроллеру(ам) 56 открыть выпускные клапаны из модуля (или закрыть выпускные клапаны в модуль) несколько раньше открытия выпускных клапанов в модуль (или закрытия выпускных клапанов из модуля). Управляющий кон-

троллер(ы) 55 может использоваться для получения гарантии того, что изменения в состоянии клапанов и т.д. не нарушат безопасность работы установки I, II деминерализации.

В вариантах осуществления компьютеризированная система управления также содержит панель управления (ПУ) 53, которая получает входные данные и команды от пользователя, отображает различную информацию и направляет вводимые данные, пороговые значения, целевые значения и т.д. в УК 55. УК 55 далее формирует разрешения и направляет их в каждый РК 56. Обратный трафик аналогичен в том смысле, что каждый РК 56 направляет свои числовые значения (например, значения от датчиков S, Q и/или результаты вычислений на их основе) и/или "состояние" назад к УК 55, который может затем отобразить их на ПУ 53.

УК 55 может реагировать на изменение условий. Например, УК 55 может осуществлять управление на основе логической таблицы (например, справочной таблицы), уравнений, схем управления или цифрового моделирования, либо может циклически проходить варианты, для чего может потребоваться введение пользователем некоторых данных с панели 53 управления. Таким образом, УК 55 может быть использован для частичной или полной автоматизации процесса деминерализации (например, вырабатывания ОО-воды, вырабатывания НФ-воды, смешивания ОО-пермеата, НФ-пермеата, МВ, ПВ, ионного концентрата и т.д.), в вариантах осуществления. В вариантах осуществления ПУ 53 имеет интерфейс, позволяющий оператору или пользователю участвовать в управлении последовательностью действий в процессе посредством УК 55, управляющего регулирующими контроллерами 56. В этом случае разрешения могут просто управлять порядком операций путем управления возможностью осуществления различных процессов, пока они необходимы. Например, клапаны, ассоциированные с циклом очистки модулей ОО и НФ, могут быть закрыты УК 55, пока этим модулям требуется цикл очистки. В это время часть модулей НФ или ОО могут быть изолированы, и цикл очистки может быть инициирован в ответ на выданное УК 55 разрешение, позволяющее работать регулирующему контроллеру(ам) 56, ассоциированному(ым) с циклом очистки. Аналогичным образом могут управляться другие специализированные контроллеры с использованием схемы управления на основе разрешений от УК 55.

В вариантах осуществления панель 53 управления имеет программируемые кнопки на экранном индикаторе (например, тачскрине, или управляемые мышью или иным устройствам ввода) и дисплей, на котором могут быть воспроизведены и доступны для управления многочисленные аспекты слабоминерализованной нагнетательной системы I, II. Например, через панель 53 управления могут быть введены разрешенные запросы на выполнение изменений в работе установки деминерализации, например, закрыть клапан, включить насос или изменить отношение смешивания. Запрос затем передается в управляющий контроллер(ы) 55.

Раскрытая компьютеризированная система управления также может быть использована для процедур очистки для узлов ОО и/или НФ. Для очистки ОО или НФ-фильтров или мембран могут быть применены регулирующие контроллеры 56 для отслеживания тенденций изменения различных рабочих параметров, которые, в свою очередь, могут быть использованы УК 55 путем обращения, например, к устройству контроля эксплуатационных характеристик, для определения присутствия загрязнителей и подходящих процедур очистки и/или программ, как это, например, описано в международной патентной заявке РСТ/ЕР 2017/067443, опубликованной как WO 2018/015223, раскрытие которой целиком включено в настоящее описание посредством ссылки для целей, не противоречащих этому раскрытию.

В вариантах осуществления УК 55 используется и действует на базе данных от регулирующих контроллеров 56 и/или ПУ 53, формулируя разрешения для регулирующих контроллеров 56, в то время как регулирующие контроллеры 56 работают по состоянию, действуя по получению входных данных от датчиков (например, одного или более датчиков S1-S14 и Q1-Q17 или других датчиков), при наличии разрешения или "санкции" от УК 55.

В вариантах осуществления УК 55 и регулирующие контроллеры 56 могут быть реализованы на базе аналогичных аппаратных решений. Например, УК 55 и регулирующие контроллеры 56 могут быть реализованы с использованием специализированных модулей контроллера, которые могут включать компьютеризированные или специальные модули контроллера. В других вариантах осуществления УК 55 и/или регулирующие контроллеры 56 могут быть реализованы программными средствами с использованием программного обеспечения контроллера, хранящегося в памяти и выполняемого процессором. Специальный управляющий модуль (например, реализуемый в виде программного модуля, хранящегося в памяти и выполняемого процессором) может быть ассоциирован с каждым РК 56 для конфигурирования РК 56 для работы с ассоциированным с ним узлом. Например, модуль управления насосом может быть ассоциирован с РК 56, ассоциированным с подающим насосом 3, модуль управления клапаном может быть ассоциирован с РК 56, ассоциированным с клапаном V5 обводной линии МВ, и т.д. Каждый модуль управления может быть установлен в аппаратных средствах РК, которые в остальном аналогичны друг другу. Модуль управления может приспособить любую конфигурацию узлов или передвижных блоков ОО/НФ для управления ОСРТВ в процессе вырабатывания слабоминерализованной воды посредством смешивания ОО-пермеата с НФ-пермеатом, МВ и/или ПВ. Например, в вариантах осуществления модуль управления может быть использован для изолирования секций НФ-передвижных блоков или управления работой передвижных блоков с заменой НФ-элементов на ОО-элементы.

В некоторых вариантах осуществления контроллеры (например, УК 55 и/или РК 56) могут быть реализованы на узле, работой которого они управляют, или вблизи него. В других вариантах осуществления контроллеры (как УК 55, так и РК 56) могут быть установлены в центральном компьютере, связанном обменом данными с узлами и датчиками, ассоциированными с разными узлами. Каждый контроллер может быть отдельной платой в стойке сервера, либо каждый контроллер может быть виртуальным контроллером, со своими собственными входами и выходами (например, когда несколько контроллеров работают на базе одной платы сервера). В альтернативном варианте регулирующим контроллером 56 может быть отдельный компьютерный модуль, расположенный ближе к узлу, с которым он ассоциирован. В любом случае, входные и выходные данные каждого РК 56 могут быть направлены на следующий уровень в УК 55.

Система 52 управления в соответствии с настоящим раскрытием может включать ЦП (центральный процессор), ОЗУ (оперативное запоминающее устройство), ПЗУ (постоянное запоминающее устройство), жесткий диск, интерфейсы, исполняемый компьютером код (например, программное обеспечение и/или встроенные программы) и др. Блок 52 управления может хранить команды в памяти, при этом команды могут выполняться процессором для конфигурирования процессора на выполнение любых функций или действий в отношении или применительно к системе управления в соответствии с инструкциями, хранящимися в запоминающем устройстве. В то время как описание включает процессор и запоминающее устройство, в некоторых случаях для выполнения тех же функций могут быть разработаны специализированные интегральные схемы (СИС).

В вариантах осуществления раскрытая компьютеризированная система управления и способ могут быть использованы для вырабатывания первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного продуктивного пласта, и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного продуктивного пласта, причем пластовая порода первой и второй областей имеет первый и второй составы породы, соответственно, что создает различные риски ухудшения коллекторских свойств пласта, и первая и вторая смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды содержат изменяемые количества пермеата нанофильтра, пермеата обратного осмоса и, опционально, изменяемые количества морской воды и добавки стабилизации глин, и составы первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых волн поддерживаются в пределах первого и второго заданных рабочих диапазонов, соответственно, чем оптимизируется улучшение или достижение максимальной повышенной нефтеотдачи из первой и второй областей продуктивного пласта, с одновременным снижением или сведением к минимуму ухудшения коллекторских свойств пласта при нагнетании первой и второй смешанных нагнетаемых вод из нагнетательной скважины(ин) в первую и вторую области нефтеносного продуктивного пласта.

Система для нагнетания одной смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в область нефтеносного продуктивного пласта, может, таким образом, включать блок управления, установку деминерализации, смесительную систему и нагнетательную систему. Установка деминерализации может содержать узел ОО для вырабатывания подмешиваемого потока ОО-пермеата и для подачи подмешиваемого потока ОО-пермеата в смесительную систему и узел НФ для вырабатывания подмешиваемого потока НФ-пермеата и для подачи подмешиваемого потока НФ-пермеата в смесительную систему. Смесительная система может иметь питательную линию ОО-пермеата (например, (первую) линию 9 ОО-пермеата, линию 27 второй ступени ОО-пермеата, линию 14 комбинированного ОО-пермеата), питательную линию НФ-пермеата (например, линию 13 НФ-пермеата), линию сброса ОО-пермеата (например, линию сброса 11 ОО-пермеата), линию сброса НФ-пермеата (например, линию 10 сброса НФ-пермеата), точку слияния для смешивания ОО-пермеата и НФ-пермеата для формирования смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и отводящую линию (например, линию 18 для смешанной слабоминерализованной воды) для подачи смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему. Нагнетательная система может включать нагнетательную линию (например, нагнетательную линию 58), имеющую по меньшей мере один нагнетательный насос (например, нагнетательный насос 24) для подачи смешанной нагнетаемой воды к нагнетательной скважине(ам) (например, нагнетательной скважине 20), пробуренной в области 22 нефтеносного продуктивного пласта. Блоком управления установки деминерализации может быть блок 52 управления, включающий УК 55 и регулирующий контроллер(ы) 56, используемые для управления работой установки деминерализации в реальном времени, для регулирования количеств подмешиваемых потоков ОО-пермеата и/или НФ-пермеата, которые должны быть смешаны в точке слияния, поддерживая состав смешанного потока слабоминерализованной воды в пределах рабочего диапазона, определяемого граничными значениями для данной области, причем заданный рабочий диапазон оптимизирует улучшение или достижение максимальной повышенной нефтеотдачи из области(ей) продуктивного пласта, с одновременным снижением или сведением к минимуму ухудшения коллекторских свойств пласта в области(ях) продуктивного пласта, а заданные рабочие интервалы были введены в блок управления.

В вариантах осуществления смесительная система, вырабатывающая смешанную слабоминерализованную воду, содержит емкость (например, емкость 50) для концентрированного водного раствора по меньшей мере одной добавки стабилизации глин (далее "концентрат стабилизации глин") и питательную линию концентрата стабилизации глин (например, линию 26 для иона концентрата), оснащенную регулируемым клапаном управления потоком (например, клапаном V10), позволяющим подводить разные количества концентрата стабилизации глин в смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду. В альтернативном случае емкость может иметь дозирующий насос для точного дозирования концентрата стабилизации глин в нагнетаемую воду. Дозирующий насос может быть соединен с измерителем расхода, который может использоваться для регулирования добавки стабилизации глин для согласования с заданным характером распределения добавки(ок) стабилизации глин. Блок 52 управления системы может менять работу смесительной системы в реальном времени для регулирования количества концентрата стабилизации глин, подаваемого к точке слияния смесительной системы или к нагнетательной линии, для поддержания состава полученной смешанной слабоминерализованной воды (например, в нагнетательной линии 18) в рабочем диапазоне, который также определен граничными значениями концентрации добавки стабилизации глин для данной области(ей) продуктивного пласта. При этом заданный рабочий диапазон(ы) для области(ей) продуктивного пласта включает верхний и нижний пределы для концентрации одной или более добавок стабилизации глин.

Представляется, что компьютеризированная система управления или способ в соответствии с настоящим раскрытием могут находиться или использоваться на берегу для применения с наземным продуктивным пластом или в море (например, на платформе или плавучей системе для добычи, хранения и отгрузки нефти (ПДХО)) для использования на морском месторождении. Однако если компьютеризированная система управления предназначена для использования на морском месторождении, также представляется, что установка деминерализации может быть расположена на берегу, и потоки ОО-пермеата и НФ-пермеата могут подводиться к смесительной системе, находящейся в море.

Граничные значения для составов смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для каждой области нефтеносного продуктивного пласта могут быть введены в систему 52 управления, например в управляющий контроллер(ы) 55. Управляющий контроллер(ы) может далее определить рабочие диапазоны для состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для каждой области продуктивного пласта, где рабочие диапазоны определены граничными значениями. Предполагается также, что рабочие диапазоны могут быть определены введением граничных значений в удаленно расположенный компьютер, выдачей рабочих диапазонов и передачей выданных рабочих диапазонов в блок 52 управления системы по сети связи. Рабочие диапазоны могут быть определены граничными значениями (верхним и нижним пределами) для параметров, включающих один или более из ОСРТВ (минерализацию), ионной силы и концентрации отдельных ионов (например, анионов сульфата, анионов нитрата, катионов кальция или катионов магния), концентрации отдельных ионов по типам ионов (например, одновалентных катионов, одновалентных анионов, многовалентных анионов, многовалентных катионов или двухвалентных катионов), соотношений отдельных ионов по типам ионов, соотношений отдельных ионов (например, относительный показатель адсорбции натрия) или любой их комбинации. Относительный показатель адсорбции натрия (ОПАН) используется для оценивания состояния образования хлопьев или дисперсии глин в пластовой породе. Как правило, катионы натрия способствуют дисперсии частиц глины, в то время как катионы кальция и магния способствуют образованию их хлопьев. Формула для вычисления относительного показателя адсорбции натрия (ОПАН) имеет вид

$$SAR = \frac{[Na^{+}]}{\sqrt{0,5([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}}$$

где концентрации катиона натрия, кальция и магния в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде выражены в миллиэквивалентах на литр.

К составам в пределах рабочего диапазона для области продуктивного пласта относятся те, что, по прогнозу, позволяют достичь повышенной нефтеотдачи (ПНО) от каждой области продуктивного пласта при исключении, сокращении или минимизации риска ухудшения коллекторских свойств пласта в области продуктивного пласта.

В случае наличия риска закисления или риска образования отложений в продуктивном пласте к составам в пределах рабочего диапазона для области (например, первой, второй или любой другой области(ей)) продуктивного пласта относятся те, что, по прогнозу, также снижают риск закисления продуктивного пласта и подавляют образование отложений. Для специалиста должно быть понятно, что не во всех продуктивных пластах имеется риск закисления или риск образования отложений. При этом риск закисления может возникнуть, если продуктивный пласт содержит популяцию сульфатовосстанавливающих бактерий, извлекающих энергию окислением органических соединений с восстановлением сульфатов до сероводорода. Образование осадений может происходить, когда реликтовая вода с высоким содержанием катионов-прекурсоров осаждения, например катионов бария и стронция, смешивается с нагнетаемой водой с относительно высоким содержанием анионов сульфата, что ведет к выпадению осадка нерастворимых солей сульфатов (минеральный осадок).

Представляется, что каждая область продуктивного пласта может иметь несколько разных рабочих диапазонов, определяемых разными граничными значениями для каждого параметра, причем разные рабочие диапазоны являются оптимальными для разных уровней повышенной нефтеотдачи (ПНО) с разными степенями риска ухудшения коллекторских свойств пласта для каждой области продуктивного пласта. Несколько рабочих диапазонов для каждой области продуктивного пласта также могут учитывать риск закисления продуктивного пласта или отложения в нем осадка. Несколько разных рабочих диапазонов для составов смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для каждой области (первой, второй или любой другой области(ей)) продуктивного пласта могут быть введены в блок 52 управления.

Для поддержания составов смешанной слабоминерализованной воды в пределах заданного (заранее определенного) рабочего интервала для областей продуктивного пласта, количества НФ-пермеата, ОО-пермеата, ПВ, МВ, или их комбинации, смешиваемых для получения смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды могут регулироваться в реальном времени посредством раскрытой здесь компьютеризированной системы управления в ответ на снижение приемистости в одной или более областях продуктивного пласта.

В смесительной системе в данном раскрытии количество потока НФ-пермеата (например, НФ-пермеата в линии 14 НФ-пермеата) и/или ОО-пермеата (например, ОО-пермеата в линии 9 (первого) узла ОО-пермеата, ОО-пермеата в линии 27 второго узла ОО-пермеата или объединенного ОО-пермеата в линии 14 объединенного ОО-пермеата), имеющееся для смешивания для формирования смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды, может быть быстро отрегулировано (в реальном времени) путем сбрасывания изменяющихся количеств потока НФ-пермеата или потока ОО-пермеата из установки деминерализации, например, в водный массив (океан), посредством "линии сброса" НФ-пермеата или ОО-пермеата (например, линии 11 сброса ОО-пермеата, линии 10 сброса НФ-пермеата), соответственно, каждая из которых оснащена "разгрузочным клапаном" (например, разгрузочным клапаном V4 ОО-пермеата, разгрузочным клапаном V3 НФ-пермеата). Разгрузочным клапаном является регулируемый клапан (например, дроссельный клапан), который может устанавливаться в разные положения (между полностью закрытым и полностью открытым положениями) для регулирования количеств НФ-пермеата или ОО-пермеата, выпускаемых из смесительной системы.

Если выпуск избытка НФ-пермеата или избытка ОО-пермеата происходит продолжительное время, например часы или дни, блок 52 управления может выполнить регулировки в установке деминерализации, отсоединив один или более из НФ-модулей из НФ-узла или один или более из ОО-модулей из ОО-узла, тем самым сокращая мощность вырабатывания НФ-пермеата или ОО-пермеата соответственно. Если сброс избытка НФ-пермеата или ОО-пермеата продолжается неделями или месяцами, то, опционально, НФ-элементы одного или более НФ-узлов установки деминерализации могут быть заменены ОО-элементами, либо ОО-элементы одного или более ОО-узлов могут быть заменены НФ-элементами для увеличения ОО-пермеата или НФ-пермеата, вырабатываемого установкой деминерализации.

Известно, что двухвалентные катионы могут быть полезными для стабилизации глин. Установка деминерализации может, опционально, иметь обводную линию (например, обводную линию 17) для сильноминерализованной воды, используемой в качестве питающей в ОО и НФ-узлы установки и/или впускной линии для ПВ (например, линии 17а подмешивания ПВ), поскольку эта сильноминерализованная питательная вода, или ПВ, например, морская вода (МВ) обычно имеет большое содержание двухвалентных катионов. Обводная линия или линия ПВ могут быть использованы для подачи подмешиваемого потока сильноминерализованной воды (например, МВ или ПВ подмешиваемого потока) в смесительную систему. Соответственно, смесительная система, опционально, включает питательную линию сильноминерализованной воды (например, ПВ, МВ).

Обводная линия 17 для сильноминерализованной питательной воды и/или впускная линия 17а для ПВ воды могут быть оснащены регулируемым клапаном (например, дроссельным клапаном V5 или V6 соответственно), который может быть установлен в различные положения между полностью закрытым и полностью открытым положением, обеспечивая, тем самым, пропускание разных количеств сильноминерализованной питательной воды (например, МВ) или ПВ для смешивания с подмешиваемым потоком 9 ОО-пермеата и/или подмешиваемым потоком 13 НФ-пермеата (или комбинированным подмешиваемым потоком 14 ОО/НФ-пермеата) для формирования смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(од) 18. Однако, при необходимости, любой избыток сильноминерализованной воды может быть также сброшен за борт через линию сброса сильноминерализованной воды, оборудованной регулируемым клапаном (например, дроссельным клапаном). Использование в вариантах осуществления регулируемого клапана на опциональной обводной линии МВ (или линии сброса МВ, оборудованной регулируемым клапаном) и/или опциональной линии подмешивания ПВ также обеспечивает быструю регулировку (в реальном времени) значений ОСРТВ, концентрации одного или более отдельных ионов до состава(ов) смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды.

Блок 52 управления может быть, таким образом, изменять количество любой сильноминерализованной воды (например, НФ-пермеата, и/или МВ, и/или ПВ), включенной в составной поток(и) слабоминерализованной нагнетаемой воды, в ответ на изменения в приемистости в одной или более из областей

продуктивного пласта, для смещения состава(ов) смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды в границы предпочтительного заданного (предварительно установленного) рабочего диапазона(ов) (или предпочтительного перекрывающего его диапазона), где снижен риск ухудшения коллекторских свойств пласта. Специалисту должно быть известно, что МВ имеет высокое содержание анионов сульфата. Соответственно, при смешивании подмешиваемого потока ОО-пермеата и подмешиваемого потока НФ-пермеата с подмешиваемым потоком МВ должен жестко контролироваться риск закисления (и риск образования осадений) в продуктивном пласте. Риском закисления и риском отложений для продуктивного пласта можно управлять, вводя в блок 52 управления (например, в его УК 55) верхний предел (граничное значение) для концентрации сульфата смешанной слабоминерализованной воды(од), обычно равный 40 мг/л; например 25 или 10 мг/л.

Как отмечалось ранее, смесительная система может, опционально, содержать емкость 50 (для хранения концентрата, содержащего водный раствор или суспензию одной или более добавок стабилизации глин) и питательную линию 26 концентрата. Питательная линия концентрата может быть оснащена дроссельным клапаном (например, клапаном V10) для передачи изменяемых количеств подмешиваемого потока концентрата, содержащего водный раствор или суспензию одной или более добавок стабилизации глин, в точку слияния для потока слабоминерализованной нагнетаемой воды. При этом регулируемый клапан может устанавливаться (например, посредством одного или более регулирующих контроллеров 56) в различные положения от полностью закрытого до полностью открытого, тем самым обеспечивая подачу изменяемых количеств концентрата в точку слияния. Блок 52 управления (например, его УК 55) может отслеживать (например, посредством датчика Q8 расхода и одного или более регулирующих контроллеров 56) расход концентрата в питательной линии 26 концентрата в реальном времени и может выполнять быстрые регулировки расходов концентрата, используя регулируемый клапан(ы), изменяя тем самым концентрацию одной или более добавок стабилизации глин в составном потоке(ах) нагнетаемой воды.

Добавкой(ми) стабилизации глин может быть неорганическая соль, например соль двухвалентного катиона или соль калия или их смесь/комбинация. В вариантах осуществления солью двухвалентного катиона может быть соль кальция, например хлорид кальция, бромид кальция, нитрид кальция или нитрат кальция, например хлорид кальция или нитрид кальция. Нитрат кальция также эффективен в подавлении закисления, поскольку анион нитрата может способствовать размножению нитратовосстанавливающих бактерий (НВБ), которые могут вытеснить сульфатовосстанавливающие бактерии (СВБ) в борьбе за питание и ассимилируемый органический углерод. В таких вариантах осуществления следует следить за тем, чтобы не присутствовали случайные НВБ и СВБ, пока не добавлены соли-нитраты. В вариантах осуществления соль калия выбирается из хлорида калия, бромида калия и нитрата калия. Преимущество нитрата калия в том, что он также может подавлять закисление.

Блок 52 управления (например, его УК 55) может автоматически регулировать (например, посредством регулирующих контроллеров 56 и подходящих клапанов V) работу смесительной системы и, таким образом, количества потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата (и любого потока опциональной сильноминерализованной воды, например, потока МВ или ПВ, или опционального потока концентрата стабилизации глин), который включен в составной поток(и) слабоминерализованной нагнетаемой воды, в ответ на изменения в приемистости в одной или более из областей продуктивного пласта.

Расход и состав смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды могут отслеживаться (например, посредством датчиков Q9 и/или Q10 расхода или датчика S7, и ассоциированным регулирующим контроллером(ами) 56) в реальном времени для определения эффективности изменений, сделанных блоком 52 управления в работе смесительной системы для поддержания состава единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах рабочего диапазона. Если эффективность недостаточна, УК 55 блока 52 управления может сделать дальнейшие изменения в работе смесительной системы (посредством регулирующих контроллеров 56 и ассоциированных насосов и/или клапанов). Соответственно, блок управления имеет контур обратной связи для управления смешиванием смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды.

Управление количествами ОО-пермеата и НФ-пермеата, имеющимися для смешивания в реальном времени, путем изменения количеств ОО-пермеата или НФ-пермеата, отводимых из смесительной системы через линию сброса ОО-пермеата или НФ-пермеата, например, в водный массив (например, океан), обеспечивает грубое регулирование ОСРТВ или концентрации одного или более отдельных ионов в пределах рабочего диапазона(ов) для смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды. При этом имеет место более быстрая реакция, чем если бы предпринималась попытка изменения расходов питательной воды в ОО и НФ-узлы установки деминерализации (благодаря мертвым объемам в питательных линиях, ведущих от ОО и НФ-узлов в точку(и) слияния для смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды).

Кроме того, если в качестве подмешиваемого потока имеется сильноминерализованная вода (например, МВ и/или ПВ) или концентрат стабилизации глин, управлением степени открытия регулируемых (изменяемых) клапанов (например, дроссельных клапанов) на обводной линии сильноминерализованной воды, впускной линии ПВ или линии концентрата стабилизации глин можно регулировать состав

единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды так, чтобы он попадал в заданный рабочий диапазон в ответ на изменения приемистости нагнетательной скважины(ин), пробуренной в области(ях) продуктивного пласта.

Таким образом, понятно, что УК 55 блока 52 управления может изменять работу установки деминерализации в реальном времени путем регулирования, посредством одного или более регулирующих контроллеров 56, одного или более из параметров: степени открытия клапана V4 на линии 11 сброса ОО-пермеата, степени открытия клапана V3 на линии 10 сброса НФ-пермеата, степени открытия клапана V5 на опциональной обводной линии 17 сильноминерализованной воды, степени открытия клапана V6 на опциональной линии 17а впуска ПВ и/или степени открытия клапана V10 на опциональной линии 26 концентрата стабилизации глин.

Как было отмечено выше, в систему в соответствии с настоящим изобретением, в частности в смесительную систему, могут быть включены различные зонды (датчики S, Q). Эти зонды могут быть использованы для определения ОСРТВ и/или ионного состава смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды. Например, ОСРТВ смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды может быть определено по ее проводимости, в то время как концентрации отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов могут быть определены с использованием стеклянных датчиков проводимости, имеющих мембраны, проницаемые для специфических отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов. Аналогично, зонды (датчики) могут устанавливаться на линиях ОО-пермеата и НФ-пермеата и объединенной линии ОО/НФ-пермеата (где комбинированный поток ОО/НФ-пермеата, в частности, смешан с МВ, ПВ или концентратом стабилизации глин для формирования смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды), опциональной обводной линии сильноминерализованной воды и/или опциональной линии подвода ПВ для получения данных, относящихся к ОСРТВ и ионному составу потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата, любого комбинированного потока ОО/НФ-пермеата, опционального потока сильноминерализованной воды, опционального подмешиваемого входного потока ПВ или комбинации этих данных. На линиях для потоков также могут устанавливаться датчики расхода для определения расходов различных подмешиваемых потоков (потока(ов) ОО-пермеата, потока(ов) НФ-пермеата, опционального потока(ов) сильноминерализованной питательной воды, опционального подмешиваемого потока сильноминерализованной ПВ, любого комбинированного потока(ов) ОО/НФ-пермеата и/или опционального потока(ов) концентрата стабилизации глин), и для определения расходов ОО-пермеата в линии сброса ОО-пермеата и НФ-пермеата в линии сброса НФ-пермеата.

Соответственно, в вариантах осуществления смесительная система содержит датчики S концентрации ионов для измерения минерализации или общей концентрации растворенных твердых веществ (C_t), концентрации отдельных ионов (C_i) или отдельных ионов по типам ионов в подмешиваемом потоке(ах) ОО-пермеата, подмешиваемом потоке(ах) НФ-пермеата, любом комбинированном подмешиваемом потоке(ах) ОО/НФ-пермеата, опциональном подмешиваемом потоке(ах) МВ, опциональном подмешиваемом потоке(ах) ПВ, опциональном подмешиваемом потоке(ах) концентрата стабилизации глин и составном потоке(ах) слабоминерализованной нагнетаемой воды. В частности, смесительная система может иметь датчики концентрации ионов для измерения по меньшей мере одного из параметров: общей концентрации растворенных твердых веществ, концентрации аниона хлорида, концентрации аниона бромид-а, концентрации катиона кальция, концентрации катиона магния, концентрации катиона калия, концентрации аниона нитрата и концентрации аниона сульфата для подмешиваемого потока(ов) ОО-пермеата, подмешиваемого потока(ов) НФ-пермеата, любого комбинированного подмешиваемого потока(ов) ОО/НФ-пермеата, опционального подмешиваемого потока(ов) сильноминерализованной воды и/или подмешиваемого потока(ов) сильноминерализованной ПВ. Смесительная система может в альтернативном случае или дополнительно содержать датчики Q расхода для измерения расходов одного или более из потоков: подмешиваемого потока(ов) ОО-пермеата, потока сброса ОО-пермеата, подмешиваемого потока(ов) НФ-пермеата, потока сброса НФ-пермеата, любого подмешиваемого комбинированного потока(ов) ОО/НФ-пермеата, опционального обводного потока(ов) сильноминерализованной воды, опционального подмешиваемого потока(ов) ПВ, опционального потока(ов) концентрата стабилизации глин и смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды. Как отмечалось выше, каждый из датчиков S и Q вырабатывает входные сигналы/данные к одному или более регулирующим контроллерам 56.

Датчики концентрации ионов, датчики расхода и любые другие датчики, описанные здесь, могут обмениваться данными с блоком 52 управления (например, с его регулируемыми контроллерами 56) с использованием любых средств связи, например, посредством непосредственного электрического соединения или беспроводного электрического соединения (например, Wi-Fi, Bluetooth).

Из-за наличия риска ухудшения коллекторских свойств пласта в ходе заводнения слабоминерализованной водой максимально допустимое увеличение скважинного давления для нагнетательной скважины(ин), пробуренной в области(ях) продуктивного пласта, может быть введено в блок 52 управления (например, в УК 55 через ПУ 53). Если для подачи нагнетаемых вод в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в областях продуктивного пласта, используется специально выделенная нагнетательная линия(и), максимально допустимое падение расхода для каждого потока нагнетаемой воды после нагнета-

тельного насоса(ов) на каждой специально выделенной линии для потоков может быть введено в блок управления (за пределами которого происходит неприемлемое падение приемистости скважины). Как повышение скважинного давления в нагнетательной скважине, пробуренной в одной или более областях продуктивного пласта, так и падение расхода на выходе нагнетательного насоса(ов) в специально выделенных линиях для потоков может служить свидетельством потери приемистости из-за ухудшения коллекторских свойств пласта в одной из областей продуктивного пласта.

Скважинное давление в нагнетательной скважине(ах), прилегающей к нефтеносному слою в каждой области продуктивного пласта (или расход смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды после нагнетательного насоса(ов) в выделенных нагнетательных линиях нагнетательной системы) может отслеживаться (например, посредством УК 55) в реальном времени. Мониторинг давления в нагнетательной скважине(ах) может выполняться скважинным измерительным устройством, например датчиком 23 давления, соединенным с блоком управления, например, волоконно-оптической телеметрической линией или любым другим подходящим средством передачи информации.

Если блок 52 управления (например, его УК 55) определяет наличие падения приемистости в нагнетательной скважине(ах), пробуренной в одной или более из областей продуктивного пласта, блок 52 управления может выбрать и/или получить команду на выбор другого рабочего диапазона для состава смешанного потока(ов) нагнетаемой воды, который, согласно прогнозу, должен снизить риск ухудшения коллекторских свойств пласта (при сохранении приемлемого уровня ПНО из области(ей) продуктивного пласта) и может затем отрегулировать (например, посредством регулирующих контроллеров 56 и различных ассоциированных с ними клапанов и/или насосов) отношения смешивания различных подмешиваемых потоков так, чтобы состав смешанной слабоминерализованной воды, нагнетаемой в нагнетательную скважину(ны), пробуренную в области(ях) продуктивного пласта, оказался в пределах другого рабочего диапазона(ов). УК 55 блока 52 управления продолжает осуществлять мониторинг скважинного давления в нагнетательной скважине(ах), пробуренной в области(ях) продуктивного пласта, где наблюдалось падение приемистости (или расхода после нагнетательного насоса(ов) для выделенных нагнетательных линий, ведущих к нагнетательной скважине(ам), пробуренной в области(ях) продуктивного пласта, где возникло падение приемистости) в реальном времени, для определения того, насколько нагнетание смешанной слабоминерализованной воды, состав которой находится в пределах заданного рабочего диапазона, способствовало началу стабилизации давления (или расхода). Если стабилизации не происходит, блок 52 управления (например его УК 55) может начать или получить команду начать дальнейшие изменения работы смесительной системы для регулирования состава смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды так, чтобы он соответствовал другому рабочему диапазону, для которого, согласно прогнозу, риск ухудшения коллекторских свойств пласта еще ниже. Это итеративный процесс, который может быть повторен несколько раз. Опционально, блок 52 управления (например, его УК 55) может принять решение сократить расход слабоминерализованной нагнетаемой воды или прекратить нагнетание слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ны) одной или более областей продуктивного пласта, если продолжится рост давления. Блок 52 управления может затем принять решение о качестве состава стабилизации глин (например, неразведенного концентрата стабилизации глин) в нефтеносный слой(и) области(ей) продуктивного пласта, где произошло снижение приемистости, на срок нескольких дней перед возобновлением заводнения слабоминерализованной водой.

В вариантах осуществления в блок 52 управления вводятся корреляционные связи (например, посредством ПУ 53 и/или УК 55) между отношениями смешивания различных подмешиваемых потоков и составами смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды (например, корреляции между отношениями смешивания различных подмешиваемых потоков и одним или более из параметров: ОСРТВ, осмотической силы, концентрации отдельных ионов, концентрации отдельных ионов по типам ионов, отношениям отдельных ионов, отношениям отдельных ионов по типам ионов в составном потоке слабоминерализованной нагнетаемой воды). Эти корреляции могут быть основаны на предположении, что составы для НФ-пермеата, ОО-пермеата и опционального подмешиваемого потока сильноминерализованной воды (например, МВ и/или ПВ) остаются в целом постоянными (с заданными допусками) в процессе работы установки деминерализации. Отношения смешивания различных подмешиваемых потоков зависят от расходов различных подмешиваемых потоков, подводимых к точке(ам) слияния смесительной системы для формирования смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды.

В блок 52 управления (например, через ПУ 53 и/или УК 55) также могут быть введены корреляционные соотношения между степенью открытия клапана сброса НФ-пермеата (например, клапана V3), степени открытия клапана сброса ОО-пермеата (например, клапана V4), степени открытия регулируемого клапана(ов) на опциональной главной питательной линии сильноминерализованной воды (например, клапана V9), степени открытия регулируемого клапана(ов) на опциональной впускной линии ПВ (например, клапана V6) и степени открытия регулируемого клапана(ов) на опциональной линии концентрата стабилизации глин (например, клапана V10) и расходами подмешиваемых потоков НФ-пермеата, ОО-пермеата, опциональной сильноминерализованной воды, опциональной ПВ и опционального концентрата стабилизации глин, измеренными, например, датчиками Q7, Q6/Q6', Q5, Q11 и Q8 соответственно. Блок 52 управления может, таким образом, управлять соотношением смешивания, а значит, и составами

смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды путем изменения (например, через ассоциированные регулирующие контроллеры 56) степенями открытия одного или более вышеуказанных регулируемых клапанов, для достижения составов смешанной слабоминерализованной воды в пределах заданного (заранее выбранного или определенного) рабочего диапазона для области(ей) продуктивного пласта. В результате, расходы различных подмешиваемых потоков, которые должны подводиться в точку(и) слияния, могут регулироваться в реальном времени, благодаря чему составы смешанной слабоминерализованной воды находятся в пределах рабочего диапазона для области(ей) продуктивного пласта.

Обычно граничные значения для ОСРТВ смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды (например, в линии 18) могут находиться в интервале от 200 до 10000 мг/л, например от 500 до 10000 мг/л. Обычно интервалы меньших значений ОСРТВ обеспечивают более высокие ПНО, в то время как интервалы более высоких значений ОСРТВ снижают риск ухудшения коллекторских свойств пласта, особенно в продуктивных пластах, имеющих породу с высоким содержанием разбухающих и/или мигрирующих глин. Другими граничными значениями для ОСРТВ могут быть, например, значения в интервале от 500 до 5000 мг/л, от 500 до 3000 мг/л, от 1000 до 2000 мг/л, от 2000 до 5000 мг/л или от 3000 до 7000 мг/л (в зависимости от риска ухудшения коллекторских свойств пласта). Блок 52 управления может управлять составами смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(од) для области(ей) продуктивного пласта, удерживая их в пределах заданного диапазона для граничных значений для ОСРТВ.

При наличии риска закисления или риска образования отложений в продуктивном пласте компьютеризованная система управления в соответствии с настоящим раскрытием может быть использована для управления концентрацией анионов сульфата слабоминерализованной нагнетаемой воды(од) для области(ей) продуктивного пласта, с доведением ее до величины менее 50 мг/л, например менее 40 мг/л или менее 10 мг/л.

Раскрытая здесь компьютеризованная система управления может также управлять смешиванием для достижения нужной концентрации многовалентных катионов в смешанной нагнетаемой воде(ах). Подобная нужная концентрация многовалентных катионов описана, например, в международной патентной заявке PCT/GB 2007/003337 и опубликована как WO 2008/029124, раскрытие которой включено в настоящее описание посредством ссылки для целей, не противоречащих этому раскрытию. Например, в вариантах осуществления блок 52 управления управляет полной концентрацией многовалентный катионов смешанной нагнетаемой воды(од) (например, в линии 18) для области(ей) продуктивного пласта, удерживая ее в пределах интервала от 1 до 250 мг/л, например от 3 до 150 мг/л или от 50 до 150 мг/л с условием, что отношение содержания многовалентного катиона в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) к содержанию многовалентного катиона в реликтовой воде, находящейся в поровом пространстве пластовой породы для каждой области продуктивного пласта, составляет менее 1. В вариантах осуществления блок 52 управления управляет концентрацией катиона кальция в смешанной нагнетаемой воде(ах) для области(ей) продуктивного пласта, удерживая ее в интервале от 1 до 200 мг/л, например от 5 до 150 мг/л или от 50 до 150 мг/л с условием, что отношение содержания катиона кальция в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) к содержанию катиона кальция в реликтовой воде, находящейся в поровом пространстве пластовой породы для каждой области продуктивного пласта, составляет менее 1.

В вариантах осуществления блок 52 управления управляет концентрацией катиона магния в смешанной нагнетаемой воде(ах) для области(ей) продуктивного пласта, удерживая ее в интервале от 2 до 400 мг/л, например от 10 до 300 мг/л или от 100 до 300 мг/л с условием, что отношение содержания катиона магния в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) к содержанию катиона магния в реликтовой воде, находящейся в поровом пространстве пластовой породы для каждой области продуктивного пласта, составляет менее 1.

В вариантах осуществления блок 52 управления управляет концентрацией катиона калия в смешанной нагнетаемой воде(ах) для области(ей) продуктивного пласта, удерживая ее в интервале от 10 до 2000 мг/л, например от 250 до 1000 мг/л с условием, что ОСРТВ смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(од) остается в пределах граничных значений для заданного рабочего диапазона.

В вариантах осуществления блок 52 управления может управлять составом смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, поддерживая ее в пределах заданного диапазона, определенного граничными значениями для ОСРТВ (и в пределах заданных диапазонов, определенных граничными значениями для содержания многовалентных катионов, содержания катиона кальция, содержания катиона магния и содержания катионов калия).

Граничные значения для ОСРТВ и концентраций отдельных ионов и концентрации любой добавки стабилизации глин для смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды могут меняться в зависимости от реакции ПНО при слабоминерализованном заводнении для каждой области продуктивного пласта и состава породы нефтеносного слоя(ев) каждой области продуктивного пласта и, в частности, от уровней разбухающих и мигрирующих глин и минералов, что, как известно, связано с ухудшением коллекторских свойств пласта.

Граничные значения могут быть определены анализом образцов пластовой породы, взятых в каж-

дой области нефтеносного слоя продуктивного пласта. Образцами пластовой породы могут быть осколки породы или керн, отбираемый из стенки ствола скважины. В альтернативном случае, анализ пластовой породы, окружающей нагнетательную скважину, может быть выполнен геофизическим каротажем с использованием скважинного каротажного оборудования. Анализ породы для каждой области нефтеносного слоя продуктивного пласта может включать, помимо прочего, определение полного содержания аргиллита в пластовой породе, окружающей нагнетательную скважину(ы) в первой, второй и любой последующей областях продуктивного пласта. Полное содержание аргиллита в пластовой породе в первой, второй и любой другой следующей областях продуктивного пласта может быть определено геофизическим каротажем, рентгеновской дифракцией (РД), сканирующей электронной микроскопией (СЭМ), сцинтилляционным счетчиком в ИК диапазоне или ситовым анализом. Полное содержание аргиллита в пластовой породе может составлять в интервале примерно от 2 до 20 мас.%. Анализ породы для каждой области нефтеносного слоя продуктивного пласта может также включать определение содержания минеральных веществ глиняной фракции породы, в частности смектитовых глин (например, монтмориллонита), пиррофиллитовых глин, каолиновых глин, иллитовых глин, хлоритовых глин и глауконитовых глин, и может быть выполнен методом рентгеновской дифракции (РД) или сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Оптимальные минерализации (и составы) для смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(од) для каждой области(ей) продуктивного пласта могут быть определены из корреляций возникающего ухудшения коллекторских свойств пласта с разными граничными условиями минерализации (и разными концентрациями отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов) для нагнетаемой воды для ряда образцов породы, имеющих разное содержание глин и составов глин, и выбором граничных значений для минерализации (и составов) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для образца породы, наиболее близко соответствующего по составу породе (т.е. используя данные за прошедшие периоды) каждой области продуктивного пласта, который должен подвергнуться заводнению слабоминерализованной водой. В альтернативном случае, могут быть выполнены эксперименты на образцах породы, взятых в областях продуктивного пласта, где была пробурена нагнетательная скважина, с использованием других граничных значений для минерализации и состава (концентрации отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов) для смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, для определения оптимального диапазона для минерализации и состава нагнетаемых вод для нагнетания в каждую область продуктивного пласта в ходе слабоминерализованного заводнения.

Как правило, скорость закачки смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(од) ограничена производительностью установки I, II деминерализации. Соответственно, заводнение слабоминерализованной водой может предусматривать нагнетание пробки низкого порового объема (ПО) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетаемую скважину(ы), пробуренную в нефтеносном слое каждой области продуктивного пласта, в количестве, равном по меньшей мере 0,3 порового объема и предпочтительно по меньшей мере 0,4 порового объема, поскольку пробки с такими минимальными поровыми объемами склонны сохранять свою целостность внутри пласта. Для ограничения количества воды, нагнетаемой в каждую область продуктивного пласта через нагнетательную скважину(ы), поровый объем смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды может быть менее 1, например менее или равен 0,9 ПО, менее или равен 0,7 ПО, менее или равен 0,6 ПО, менее или равен 0,5 ПО.

После нагнетания низкого порового объема смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в первую нагнетательную скважину(ы), пробуренную в области продуктивного пласта, вытесняющая вода может быть закачана из нагнетательной скважины(ин) в область нефтеносного слоя продуктивного пласта для обеспечения продвижения пробки смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды (а значит, и нефтяной зоны, перемещаемой вытесняющим агентом) через нефтеносный слой продуктивного пласта к эксплуатационной скважине, пробуренной в область нефтеносного слоя продуктивного пласта. Кроме того, закачивание вытесняющей воды может потребоваться для поддержания давления в области продуктивного пласта. Обычно, вытесняющая вода имеет ПО больше, чем пробка водной вытесняющей жидкости.

В вариантах осуществления вытесняющей водой является пластовая вода или смесь морской воды и пластовой воды, в зависимости от количества пластовой воды, выделенной из добытых флюидов на эксплуатационном оборудовании. Преимущество использования пластовой воды в качестве вытесняющей воды состоит в том, что с учетом ограничений на утилизацию пластовой воды в океане, можно ограничить количество утилизируемой таким образом пластовой воды или даже полностью исключить утилизацию пластовой воды в океане. Соответственно, после нагнетания пробки слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в области продуктивного пласта, нагнетательная скважина(ы) может быть использована в качестве скважины утилизации пластовой воды.

Как правило, различные составы для смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды (ОСРТВ, концентрации одного или более отдельных ионов, концентрации ионов по типам отдельных ионов, соотношения концентраций отдельных ионов, соотношения концентраций ионов по типам отдельных ионов или концентрации одной или более добавок для стабилизации глин) коррелированы с различными соотношениями компонентов в смеси в объединенном потоке ОО/НФ-пермеата. Различные составы также коррелированы с различными составами для объединенных потоков ОО/НФ-пермеата

(включая составы для объединенных потоков ОО/НФ-пермеата, которые включают МВ, ПВ и/или одну или более добавок стабилизации глин). Эти корреляции могут быть введены в блок 52 управления (например, в УК 55 через ПУ 53), благодаря чему блок управления может управлять (например, через регулирующий контроллер(ы) 56) работой установки деминерализации для изменения соотношения компонентов смеси потоков НФ и ОО-пермеата для объединенного потока НФ/ОО-пермеата и количеств опциональных МВ, ПВ и/или концентрата стабилизации глин, подмешанных в объединенный поток ОО/НФ-пермеата для получения состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(од), соответствующего требованиям рабочего диапазона(ов) для области(ей) продуктивного пласта.

В вариантах осуществления компьютеризированная система управления в соответствии с настоящим раскрытием используется для вырабатывания нагнетаемой воды с управляемой минерализацией, как это описано в патенте US 9492790, раскрытие которого полностью включено в настоящее описание посредством ссылки для целей, не противоречащих этому раскрытию. В таких вариантах осуществления компьютеризированная система управления в соответствии с раскрытием может быть использована для управления процессом вырабатывания потока нагнетаемой воды с управляемой минерализацией и управляемой концентрацией аниона сульфата, пригодной для закачивания в нефтеносную породу нефтяного продуктивного пласта, включающим шаги подачи исходной воды, имеющей общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в интервале от 20000 до 45000 ppm и концентрацию аниона сульфата от 1000 до 4000 ppm или от 1500 до 4000 ppm, в установку деминерализации, содержащую несколько мембранных модулей обратного осмоса (ОО) и несколько мембранных модулей нанофильтрации (НФ), когда исходная вода сжимается до давления в интервале от 350 до 1250 фунт/кв.дюйм (абс.), и разделения исходной воды для подачи питательной воды для мембранных модулей ОО (далее "питательная вода ОО") и питательной воды для мембранных модулей НФ (далее "питательная вода НФ"); при необходимости, повышения давления питательной воды ОО до величины в интервале от 900 до 1250 фунт/кв.дюйм (абс.) перед введением питательной воды ОО в мембранные модули ОО и выведением ОО-пермеата и ОО-ретентата (концентрата) из мембранных модулей ОО, при этом мембранные модули ОО используются либо в однопроходном одноступенчатом режиме, или в однопроходном двухступенчатом режиме, а извлечение ОО-пермеата составляет в интервале от 35 до 75 об.% или от 35 до 60 об.% относительно объема питательной воды ОО, подаваемой к мембранным модулям ОО так, что ОО-пермеат имеет ОСРТВ менее 250 ppm, а концентрацию аниона сульфата менее 3 ppm; при необходимости сокращения давления питательной воды НФ до величины в интервале от 350 до 450 фунт/кв.дюйм (абс.) перед введением питательной воды НФ в мембранные модули НФ и выведением НФ-пермеата и НФ-ретентата из мембранных модулей НФ, где мембранные модули НФ используются в однопроходном одноступенчатом режиме, и мембранные модули НФ-работают с извлечением НФ-пермеата в интервале от 35 до 60 об.% относительно объема питательной воды НФ, подводимой к мембранным модулям НФ так, что НФ-пермеат имеет ОСРТВ в интервале от 15000 до 60000 ppm или от 15000 до 45000 ppm, и концентрацию аниона сульфата менее 40 ppm или менее 30 ppm; и смешивания по меньшей мере части ОО-пермеата и по меньшей мере части НФ-пермеата в отношении в интервале от 2:1 до 40:1, от 4:1 до 27:1 или от 10:1 до 25:1 для получения нагнетаемой воды, имеющей ОСРТВ в интервале от 500 до 5000 ppm или от 1000 до 5000 ppm, и концентрацию аниона сульфата менее 7,5 ppm, менее 5 ppm или менее 3 ppm. Исходной водой может быть морская вода, вода эстуария, пластовая вода, вода водоносного горизонта или сточная вода. В вариантах осуществления общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) ОО-пермеата составляет в интервале от 50 до 255 ppm, от 100 до 225 ppm, от 125 до 200 ppm или от 150 до 175 ppm. В вариантах осуществления концентрация аниона сульфата ОО-пермеата составляет в интервале от 0,5 до 2,5 ppm или от 0,5 до 1,5 ppm. В вариантах осуществления ОСРТВ НФ-пермеата не более чем на 15000 ppm или 10000 ppm меньше ОСРТВ исходной воды. В вариантах осуществления концентрация аниона сульфата НФ-пермеата составляет в интервале от 10 до 28 ppm, от 10 до 25 ppm или от 15 до 20 ppm.

Концентрация аниона сульфата нагнетаемой воды будет зависеть от требуемого общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) для этого потока, а значит и от отношения смешивания ОО-пермеата и НФ-пермеата. Таким образом, концентрация аниона сульфата нагнетаемой воды будет увеличиваться с увеличением количеств НФ-пермеата в смешанном потоке. Как правило, концентрация аниона сульфата для потока нагнетаемой воды, имеющей ОСРТВ, равное 1000 ppm, составляет в интервале от 1 до 2 ppm, и эти значения для интервала концентрации аниона сульфата должны быть пропорционально увеличены для нагнетаемых вод с более высоким ОСРТВ.

В дополнение к получению нагнетаемой воды, имеющей достаточно высокое ОСРТВ для снижения риска ухудшения коллекторских свойств пласта, и достаточно низкую концентрацию сульфатов для снижения риска закисления продуктивного пласта в зависимости от выбора исходной воды, нагнетаемая вода может также иметь достаточно низкую концентрацию многовалентных катионов для использования в качестве слабоминерализованной нагнетаемой воды, чем достигается нарастающее извлечение нефти из продуктивного пласта. Соответственно, в вариантах осуществления компьютеризированная система управления согласно настоящему раскрытию используется для получения потока смешанной воды с управляемой минерализацией, управляемой низкой концентрацией аниона сульфата и управляемой кон-

центрацией многовалентного катиона, для использования в качестве нагнетаемой воды для слабоминерализованного заводнения с одновременным снижением риска ухудшения коллекторских свойств пласта и управлением закисления в продуктивном пласте. В таких вариантах осуществления компьютеризированная система управления в соответствии с настоящим раскрытием используется для вырабатывания потока нагнетаемой воды с управляемой минерализацией, управляемой концентрацией аниона сульфата и управляемой концентрацией многовалентного катиона, подходящей для закачивания в нефтеносную породу нефтяного продуктивного пласта, посредством подачи исходной воды, имеющей общее содержание растворенных твердых веществ в интервале от 20000 до 45000 ppm, концентрацию аниона сульфата от 1000 до 4000 ppm или от 1500 ppm до 4000 ppm, и концентрацию многовалентного катиона в интервале от 700 до 3000 ppm, от 1000 до 3000 ppm или от 1500 до 2500 ppm, в установку деминерализации, содержащую несколько мембранных модулей обратного осмоса (ОО) и несколько мембранных модулей нанофильтрации (НФ), когда исходная вода сжимается до давления в интервале от 350 до 1250 фунт/кв.дюйм (абс.), и разделения исходной воды для подачи питательной воды ОО и питательной воды НФ; при необходимости, повышения давления питательной воды ОО до величины в интервале от 900 до 1250 фунт/кв.дюйм (абс.) перед введением питательной воды ОО в мембранные модули ОО и выведением ОО-пермеата и ОО-ретентата (концентрата) из мембранных модулей ОО, при этом мембранные модули ОО используются либо в однопроводном одноступенчатом режиме или в однопроводном двухступенчатом режиме, а извлечение ОО-пермеата составляет в интервале от 35 до 75 об.% или от 35 до 65 об.% относительно объема питательной воды ОО, подаваемой к мембранным модулям ОО так, что ОО-пермеат имеет ОСРТВ менее 250 ppm, концентрацию аниона сульфата менее 3 ppm и содержание многовалентного катиона до 10 ppm; при необходимости, сокращения давления питательной воды НФ до величины в интервале от 350 до 450 фунт/кв.дюйм (абс.) перед введением питательной воды НФ в мембранные модули НФ и выведением НФ-пермеата и НФ-ретентата из мембранных модулей НФ, где мембранные модули НФ используются в однопроводном одноступенчатом режиме, и мембранные модули НФ работают с извлечением НФ-пермеата в интервале от 35 до 60 об.% относительно объема питательной воды НФ, подводимой к мембранным модулям НФ так, что НФ-пермеат имеет ОСРТВ в интервале от 15000 до 40000 ppm или от 15000 до 35000 ppm, концентрацию аниона сульфата менее 40 ppm или менее 30 ppm и содержание многовалентного катиона до 200 ppm, до 150 ppm или до 100 ppm; и смешивания по меньшей мере части ОО-пермеата и по меньшей мере части НФ-пермеата в отношении в интервале от 2:1 до 40:1, от 4:1 до 27:1 или от 10:1 до 25:1, для получения нагнетаемой воды, имеющей ОСРТВ в интервале от 500 до 5000 ppm или от 1000 до 5000 ppm, концентрацию аниона сульфата менее 7,5 ppm, менее 5 ppm или менее 3 ppm и содержание многовалентного катиона до 50 ppm. Как и ранее, исходной водой может быть морская вода, вода эстуария, пластовая вода, вода водоносного горизонта или сточная вода. ОСРТВ исходной воды, ОО-пермеата, НФ-пермеата и нагнетаемой воды могут соответствовать приведенным выше. В вариантах осуществления исходная вода имеет концентрацию катиона кальция в интервале от 200 до 600 ppm. В вариантах осуществления исходная вода имеет концентрацию катиона магния в интервале от 500 до 2000 ppm. Концентрации анионов сульфата в ОО-пермеате, НФ-пермеате и нагнетаемой воде могут соответствовать приведенным выше. В вариантах осуществления концентрация многовалентных катионов в ОО-пермеате составляет в интервале от 1 до 10 ppm, от 1 до 5 ppm или от 1 до 3 ppm. В вариантах осуществления концентрация многовалентных катионов в НФ-пермеате составляет в интервале от 50 до 200 ppm или от 50 до 150 ppm. Концентрация многовалентных катионов в нагнетаемой воде будет зависеть от требуемого ОСРТВ для этого потока и, следовательно, и соотношения смешивания для ОО-пермеата и НФ-пермеата. Таким образом, концентрация многовалентного катиона нагнетаемой воды будет увеличиваться с увеличением количеств НФ-пермеата в смешанном потоке. Как правило, концентрация многовалентного катиона для потока нагнетаемой воды, имеющей ОСРТВ, равное 1000 ppm, составляет в интервале от 2 до 10 ppm, и эти значения для интервала концентрации многовалентного катиона должны быть пропорционально увеличены для нагнетаемых вод с более высоким ОСРТВ. В альтернативном случае или дополнительно, исходной водой для НФ-может в вариантах осуществления быть промежуточный поток с передвижного блока ОО, например, отходы/ретентат от первого ОО-узла, что приводит к пропорциональному увеличению ОСРТВ и концентрации ионов в НФ-пермеате.

Согласно приведенному выше рассмотрению, в случае необходимости достижения повышенной нефтеотдачи с использованием слабоминерализованной нагнетаемой воды, отношение концентрации многовалентного катиона слабоминерализованной нагнетаемой воды к концентрации многовалентного катиона реликтовой воды должно составлять менее 1. Концентрация многовалентного катиона реликтовой воды обычно в несколько раз выше концентрации многовалентного катиона нагнетаемой воды, формируемой смешиванием ОО-пермеата и НФ-пермеата способом согласно настоящему изобретению. Соответственно, нагнетаемая вода имеет требуемую низкую минерализацию и требуемую низкую концентрацию многовалентных катионов для достижения повышенной нефтеотдачи, при ее нагнетании в нефтегазоносный горизонт продуктивного пласта, при достаточно общем содержании растворимых твердых веществ для предотвращения ухудшения коллекторских свойств пласта, и достаточно низкое содержание аниона сульфата для снижения риска закисления продуктивного пласта (так же, как и снижения

риска осаждения нерастворимых минеральных солей в породе и/или эксплуатационных скважинах).

Как правило, породой, в которую закачивается нагнетаемая вода управляемой минерализации (управляемого ОСРТВ), управляемой концентрации аниона сульфата и управляемой низкой концентрации многовалентного катиона, является нефтеносный песчаник, имеющий высокое содержание разбухающих глин, например смектитовых глин. Высоким содержанием разбухающих глин считается содержание разбухающих глин, составляющее 10 мас.% или более, например в интервале от 10 до 30 мас.%.

В вариантах осуществления ОО-пермеат и НФ-пермеат смешиваются в объемном отношении (объем ОО-пермеата к объему НФ-пермеата) от 2:1 до 40:1, от 4:1 до 27:1 или от 10:1 до 25:1. Для специалиста должно быть понятно, что конкретное отношение смешивания будет зависеть от одного или более из следующих факторов: (а) минерализации исходной воды; (б) концентрации сульфата в исходной воде; (в) концентрации многовалентного катиона в исходной воде; (г) температуре, при которой работают ОО и НФ-мембранные модули; (д) объемный процент извлечения, с которым работают ОО и НФ-мембранные модули; (е) требуемая минерализация нагнетаемой воды; (ж) требуемая концентрация аниона сульфата в нагнетаемой воде и (з) требуемая концентрация многовалентного катиона в нагнетаемой воде. Факторы (е), (ж) и (з), в свою очередь, зависят от характеристик продуктивного пласта, в который необходимо закачивать обработанную воду, например, количества разбухающих глин, уровней и характеристик сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ), и концентрации многовалентных катионов в реликтовой воде. Таким образом, в зависимости от отношения смешивания ОО-пермеата и НФ-пермеата поток нагнетаемой воды будет иметь минерализацию, достаточную для сдерживания ухудшения коллекторских свойств пласта, достаточно низкое содержание сульфата для снижения закисления в нефтяном продуктивном пласте и достаточно низкую концентрацию многовалентных катионов так, чтобы отношение концентрации многовалентного катиона в нагнетаемой воде к этому показателю в реликтовой воде в породе составляло менее 1.

Предпочтительно отношение смешивания ОО-пермеата и НФ-пермеата управляется посредством системы 52 управления в соответствии с измеренным переменным параметром, направляемым от датчиков S, Q в регулирующие контроллеры 56 и отслеживаемым управляющим контроллером 55, и/или характер изменения измеренной или вычисленной величины, поступающей из регулирующих контроллеров 56, отслеживается управляющим контроллером(ами) 55 совместно с измеренной или вычисленной величиной(ами) от регулирующего контроллера(ов). Управление может быть автоматическим или полуполуавтоматическим (например, введением данных пользователем через ПУ), с использованием управляющего контроллера(ов) 55 и регулирующих контроллеров 56, и системы управления с обратной связью, рассмотренной выше. Как было показано ранее, измеренной переменной величиной может быть один или более параметров нагнетаемой воды, например измеренная величина может относиться к минерализации (ОСРТВ) нагнетаемой воды и может быть проводимостью нагнетаемой воды. Проводимость является мерой ОСРТВ нагнетаемой воды. В альтернативном случае или дополнительно измеренная переменная величина может относиться к концентрации многовалентных анионов в нагнетаемой воде или в НФ-пермеате или к концентрации заданных двухвалентных ионов, например анионов сульфата, в нагнетаемой воде или в НФ-пермеате. В альтернативном случае или дополнительно, измеренная переменная величина может относиться к концентрации многовалентных катионов в нагнетаемой воде или в НФ-пермеате или концентрации заданных многовалентных катионов, например катионов кальция и/или катионов магния в нагнетаемой воде или в НФ-пермеате. Как было отмечено выше, расходом потока нагнетаемой воды (например, в линии 18 и/или 58) или потока исходной воды (например, в линии 30 и/или 2) можно также управлять в соответствии с измеренной переменной величиной (например, в соответствии с одной или более переменными величинами, измеренными датчиками S или датчиком Q расхода).

Под "однопроходным, одноступенчатым" режимом понимается, что питательная вода проходит через несколько отдельных мембранных модулей, расположенных параллельно. При этом питательная вода подводится к каждому из мембранных модулей, и поток пермеата и поток ретентата отводятся от каждого из мембранных модулей. Потоки пермеата далее объединяются для формирования объединенного потока пермеата. Процент извлечения мембранных модулей при использовании их в "однопроходном, одноступенчатом" режиме равен [(объем объединенного потока пермеата/объем питательной воды)×100]. Эти объемы определяются за определенный промежуток времени, например, объем питательной воды, обработанной за один день, и объем объединенного потока пермеата, выработанного за один день.

Под "однопроходным, двухступенчатым" режимом понимается, что питательная вода подается к первому из двух мембранных модулей, расположенных последовательно, при этом ретентат из первого мембранного модуля используется как питательная вода для второго мембранного модуля, включенного последовательно с первым. Обычно используется несколько первых мембранных модулей, расположенных параллельно, и несколько вторых мембранных модулей, расположенных параллельно. Вообще, вторых мембранных модулей будет меньше, чем первых мембранных модулей, поскольку вторые мембранные модули обрабатывают меньшее количество воды за заданный промежуток времени, чем первые мембранные модули. Как правило, потоки пермеата из первых мембранных модулей смешиваются с получением первого потока пермеата, а потоки ретентата из первых мембранных модулей смешиваются для формирования первого потока ретентата. Затем первый поток ретентата используется в качестве пи-

тательной воды для нескольких вторых мембранных модулей, расположенных параллельно. Потоки пермеата после вторых мембранных модулей затем обычно смешиваются, образуя второй поток пермеата. Далее второй поток пермеата объединяется с первым потоком пермеата с получением объединенного потока пермеата. Потоки ретентата после вторых мембранных модулей обычно смешиваются с получением объединенного потока ретентата, отводимого от установки деминерализации. Существуют, однако, и другие способы объединения различных потоков, при использовании нескольких мембранных модулей в "однопроходном, одноступенчатом" режиме, хорошо известные специалистам в данной области.

Процент извлечения мембранных модулей при их работе в "однопроходном, двухступенчатом" режиме равен ((объем первого потока пермеата из первых мембранных модулей + объем второго потока пермеата из вторых мембранных модулей)/(объем питательной воды, подаваемой в первые мембранные модули)) $\times 100$. Эти объемы определяются за заданный период времени, например за день.

В вариантах осуществления НФ-мембранные модули используются в "однопроходном, одноступенчатом" режиме. В вариантах осуществления ОО-мембранные модули используются либо в "однопроходном, одноступенчатом" режиме, либо в "однопроходном, двухступенчатом" режиме, в частности в "однопроходном, одноступенчатом" режиме.

Компьютеризированная система управления и способ в соответствии с настоящим раскрытием могут быть использованы в вариантах осуществления для получения слабоминерализованной нагнетаемой воды с составом в пределах заданного диапазона. Такие компьютеризированная система управления и способ могут быть особенно полезны при сдаче в эксплуатацию скважины, и компьютеризированная система управления и способ в соответствии с настоящим раскрытием могут быть использованы в вариантах осуществления для сдачи в эксплуатацию буровой скважины посредством управления составом слабоминерализованной нагнетаемой воды, используемой при сдаче скважины в эксплуатацию.

Дополнительное раскрытие.

Раскрытые выше частные варианты осуществления имеют исключительно иллюстративный характер, поскольку настоящее раскрытие может быть модифицировано и осуществлено в различных, но эквивалентных вариантах, очевидных специалистам, ознакомившимся с настоящим описанием. Более того, на описанные детали конструкции и технических решений не накладывается никаких ограничений, кроме тех, что приведены в приложенной формуле. Поэтому очевидно, что раскрытые выше частные пояснительные варианты осуществления могут быть изменены или модифицированы, а такие вариации охватываются областью притязаний и существом настоящего изобретения. Альтернативные варианты осуществления, возникшие в результате комбинирования, соединения и/или изъятия признаков варианта(ов) осуществления, также охватываются областью притязаний изобретения. В то время как составы и способы описываются более широкими понятиями "имеющий", "содержащий", "вмещающий" или "включающий" различные компоненты или шаги, составы и способы также могут "состоять в основном из" или "состоять из" различных компонентов или шагов. Использование термина "опционально" в отношении любого элемента пункта формулы означает, элемент необходим, или наоборот, элемент не является необходимым, причем обе альтернативы находятся в области притязаний пункта формулы.

Раскрытые выше количества и интервалы могут изменяться на некоторую величину. Если раскрыт числовой интервал с нижним пределом и с верхним пределом, любое число и заключенный интервал, попадающие в этот интервал, конкретно определены. В частности, для каждого раскрытого здесь интервала величин (в форме "примерно от а до b", или, эквивалентно, "от приблизительно а до b", или, эквивалентно, "от приблизительно а-b") следует понимать, что в нем каждое приведенное число или интервал охватывается более широким интервалом значений. Кроме того, термины в формуле имеют свое простое обычное значение, за исключением случаев, когда иначе недвусмысленно и ясно не указано заявителем патента. Более того, использованные в формуле неопределенные артикли предназначены для обозначения одного или более чем одного элемента, который они вводят. Если имеется какое-либо противоречие в использованиях слова или термина в описании или одном или более патенте или других документах, должны использоваться определения, согласующиеся с настоящим описанием.

Раскрытые здесь варианты осуществления включают

А. Систему управления, выполненную с возможностью управления работой одного или более узлов обратного осмоса (ОО), одного или более узлов нанофильтрации (НФ), смесительной системы или их комбинации в установке деминерализации и включающую панель (ПУ) управления; несколько регулирующих контроллеров (РК) и управляющий контроллер УК, причем УК обменивается данными с ПУ и с каждым из нескольких РК и выполнен с возможностью: приема вводимых пользовательских данных от ПУ и приема от нескольких РК вводимых данных, относящихся к данным от нескольких датчиков в установке деминерализации, причем каждый из нескольких РК обменивается данными с несколькими датчиками и несколько РК выполнены с возможностью приема данных от одного или более из нескольких датчиков, формирования выходных данных для УК и приема от него разрешений, и выдачи команд одному или более из нескольких устройств установки деминерализации в ответ на принятые разрешения от УК, причем УК выполнен с возможностью мониторинга тенденций во входных данных, относящихся к данным, принятым от нескольких РК, и/или прогнозирования последствий по этим данным, и формирования разрешений для каждого из РК на основе наблюдаемых тенденций, вводимых с ПУ пользователем.

ских данных или их комбинации.

Б. Установку деминерализации, включающую линию впуска воды, один или более узлов обратного осмоса (ОО), имеющих жидкостную связь с линией впуска воды, причем каждый из одного или более узлов ОО выполнен с возможностью приема питательной воды ОО и вырабатывания ОО-пермеата и ОО-концентрата; узел нанофильтрации (НФ), имеющий жидкостную связь с линией впуска воды, одним или более узлов ОО или с обоими, причем узел НФ выполнен с возможностью вырабатывания НФ-пермеата и НФ-концентрата; смесительную систему, включающую питательную линию ОО-пермеата, питательную линию НФ-пермеата, точку слияния, выполненную с возможностью смешивания ОО-пермеата из питательной линии ОО-пермеата и НФ-пермеата из питательной линии НФ-пермеата с получением смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, и отводящую линию, выполненную с возможностью подачи смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему; несколько клапанов и насосов, выполненных с возможностью регулирования расходов или давлений различных потоков в установке деминерализации; несколько датчиков, выполненных с возможностью измерения расхода, давления, температуры, состава или комбинации этих параметров в различных потоках в установке деминерализации; систему управления, выполненную с возможностью управления работой одного или более узлов ОО, узла НФ и смесительной системой с поддержанием их в пределах рабочих параметров и поддержания состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах рабочего диапазона, причем система управления содержит несколько регулирующих контроллеров (РК), управляющий контроллер (УК) и панель управления, а УК имеет электронное соединение с ПУ, от которой он принимает вводимые пользовательские данные, и с каждым из нескольких РК, от которых он принимает входные данные, связанные с данными от датчиков, причем каждый из нескольких РК принимает данные от одного или более из нескольких датчиков, вырабатывает выходные данные для УК и получает от него разрешения, и направляет команды одному или более из нескольких клапанов и насосов в ответ на полученные разрешения от УК, и УК проводит мониторинг тенденций во входных данных, принимаемых от нескольких регулирующих контроллеров, и определяет разрешения для каждого из РК, основанные на наблюдаемых тенденциях, вводимых пользовательских данных от панели управления, или их комбинации.

В. Способу получения нагнетаемой воды, при осуществлении которого вырабатывают поток пермеата обратного осмоса, вырабатывают поток пермеата нанофильтрации, смешивают по меньшей мере часть потока пермеата обратного осмоса по меньшей мере с частью потока пермеата нанофильтрации, сильноминерализованным потоком или их комбинацией для получения смешанного потока слабоминерализованной воды; и управляют вырабатыванием потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата и смешиванием до получения рабочих параметров, поддерживают состав смешанного потока слабоминерализованной воды в пределах рабочего диапазона посредством системы управления, содержащей несколько регулирующих контроллеров (РК), управляющего контроллера (УК) и панели (ПУ) управления, причем УК обменивается данными с ПУ, от которой он получает вводимые пользовательские данные, и каждым из нескольких РК, от которых он получает входные данные, относящиеся к данным от нескольких датчиков, при этом каждый из нескольких РК получает данные от одного или более из нескольких датчиков, направляет выходные данные к УК и получает от него разрешения, и направляет команды одному или более из нескольких клапанов и насосов в ответ на полученные разрешения от УК, а УК выполняет мониторинг тенденций во входных данных, связанных с данными, принятыми от нескольких РК, и формирует разрешения для каждого из РК на базе наблюдаемых тенденций, вводимых пользовательских данных от панели управления, или комбинации этих данных.

Г.: Способу управления составом нагнетаемой жидкости, при осуществлении которого принимают управляющим контроллером (УК) системы управления один или более целевых параметров состава для нагнетаемой жидкости; и автоматически регулируют посредством передачи разрешений от управляющего контроллера к одному или более регулирующим контроллерам (РК) системы управления, связанными с одним или более клапанами в установке деминерализации, состояние одного или более клапанов для вырабатывания нагнетаемой жидкости, соответствующей требованиям по одному или более параметрам состава.

Каждый из вариантов А, Б, В и Г может иметь один или более из следующих дополнительных элементов.

Элемент 1, в котором несколько датчиков выбраны из датчиков концентрации ионов, выполненных с возможностью измерения по меньшей мере одного из следующих параметров: проводимости, минерализации, общей концентрации растворенных ионов и/или концентраций отдельных ионов (C_i) в различных линиях для потоков установки деминерализации, датчиков температуры, выполненных с возможностью измерения температуры в различных линиях для потоков в установке деминерализации, датчиков давления, выполненных с возможностью измерения давления в различных линиях для потоков в установке деминерализации, датчиков расхода, выполненных с возможностью измерения расхода в различных линиях для потоков в установке деминерализации, или комбинации этих датчиков.

Элемент 2, в котором разные линии для потоков включают одну линию или более, выбранных из питательных линий ОО-узла, питательных линий НФ-узла, линий ОО-пермеата, линий НФ-пермеата,

линий ОО-концентрата, линий НФ-концентрата, линий комбинированного ОО/НФ-пермеата, линий смешанного потока слабоминерализованной воды, линий сброса пермеата ОО-узла, линий сброса пермеата НФ-узла, линий сброса комбинированного ОО/НФ-пермеата, питательных линий концентрата иона, обводных линий питательной воды, линий подмешивания пластовой воды (ПВ) или их комбинации.

Элемент 3, в котором датчики выполнены с возможностью выдачи на регулирующие контроллеры данных об одном или более рабочих параметрах, регулирующие контроллеры выдают в УК один или более рабочих параметров, и/или УК отслеживает тенденции в одном или более рабочих параметров, выбранных из степени загрязнения ОО-мембран одного или более ОО-узлов, НФ-мембран одного или более НФ-узлов или обоих; давления подачи в один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов или оба; скорости изменения давления подачи в один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов или оба; расхода подачи в один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов или оба; давления концентрата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; давления пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; перепада давления на одном или более ОО-узлах, одном или более НФ-узлах или на обоих; проводимости пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или того и другого; общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; температуры пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; расхода пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; расхода концентрата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; степени извлечения одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или обоих; расхода, минерализации, проводимости и/или ОСРТВ обводного потока питательной воды, расхода, минерализации, проводимости и/или ОСРТВ подмешиваемого потока пластовой воды (ПВ), расхода, минерализации, проводимости и/или ОСРТВ смешанного потока слабоминерализованной воды или комбинации этих параметров.

Элемент 4, в котором несколько устройств содержат несколько клапанов и насосов, включающих один или более клапанов и/или насосов на питательной линии в ОО-узел, НФ-узел или их комбинацию; один или более клапанов и/или насосов на линии пермеата от ОО-узла, НФ-узла или их комбинации; один или более клапанов и/или насосов на питательной линии пермеата к смесительной системе от ОО-узла, НФ-узла или того и другого; один или более клапанов и/или насосов на линии концентрата от ОО-узла, НФ-узла или их комбинации; один или более клапанов и/или насосов на линии комбинированного ОО/НФ-пермеата; один или более клапанов и/или насосов на линии смешанного потока слабоминерализованной воды от смесительной системы; один или более клапанов и/или насосов на линии концентрата иона, которая вводит концентрат иона из емкости с концентратом иона в смесительную систему; один или более клапанов и/или насосов на линии сброса пермеата от ОО-узла, НФ-узла или того и другого; один или более клапанов и/или насосов на обводной линии питательной воды от источника питательной воды к смесительной системе; один или более клапанов и/или насосов на линии подмешивания ПВ к смесительной системе или их комбинация.

Элемент 5, в котором клапаны включают один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного комбинирования по меньшей мере части ОО-пермеата по меньшей мере с частью НФ-пермеата для вырабатывания нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

Элемент 6, дополнительно содержащий обводную линию, присоединенную к линии впуска воды и смесительной системе, впускную линию подмешивания ПВ, имеющую жидкостное соединение со смесительной системой или ту и другую, в которых клапаны дополнительно включают один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного объединения по меньшей мере части питательной воды от линии впуска воды, по меньшей мере части ПВ в линии подмешивания ПВ или обоих, с ОО-пермеатом из питательной линии ОО-пермеата и НФ-пермеатом из питательной линии НФ-пермеата, для вырабатывания нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

Элемент 7, в котором питательная вода имеет более высокую концентрацию двухвалентных катионов, чем ОО-пермеат.

Элемент 8, в котором датчики выбираются из датчиков температуры, датчиков давления, датчиков расхода, датчиков концентрации иона, выполненных с возможностью измерения по меньшей мере одного из параметров: проводимости, минерализации, общего содержания растворенных ионов или концентрации отдельных ионов (C_i) или их комбинации.

Элемент 9, в котором датчики включают один или более датчиков расхода, один или более датчиков давления или их комбинацию.

Элемент 10, в котором один или более датчиков расхода, один или более датчиков давления или их комбинация включают датчики, выполненные с возможностью измерения расхода, давления или того и другого по меньшей мере одного из ОО-пермеата, НФ-пермеата, смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, обводного потока питательной воды, подмешиваемого потока пластовой воды (ПВ), потока концентрата иона или их комбинации.

Элемент 11, дополнительно включающий емкость, содержащую концентрат иона, причем клапаны включают один или более клапанов, выполненных с возможностью смешивания концентрата иона по меньшей мере с одним компонентом из пермеата обратного осмоса, пермеата нанофильтрации, пита-

тельной водой или смешанной слабоминерализованной нагнетаемой водой, для получения состава в пределах рабочего диапазона.

Элемент 12, дополнительно содержащий одну из линий: линию сброса ОО-пермеата, выполненную с возможностью отведения неиспользованной части ОО-пермеата из установки деминерализации, линию сброса НФ-пермеата, выполненную с возможностью отведения неиспользованной части НФ-пермеата из установки деминерализации, или обводную линию сброса питательной воды, выполненную с возможностью отведения обводного потока неиспользованной части питательной воды из установки деминерализации.

Элемент 13, в котором дополнительно используют систему управления для управления сбросом части потока ОО-пермеата из установки деминерализации; сбросом части потока НФ-пермеата из установки деминерализации или комбинации этих действий для получения смешанного потока слабоминерализованной воды, имеющей состав в пределах рабочего диапазона.

Элемент 14, в котором поток ОО-пермеата и поток НФ-пермеата вырабатывают из питательной воды, а сильноминерализованный поток содержит по меньшей мере часть питательной воды, поток пластовой воды (ПВ) или их комбинацию.

Элемент 15, в котором состав содержит анион сульфата в концентрации менее пороговой концентрации сульфата.

Элемент 16, в котором при смешивании дополнительно смешивают по меньшей мере часть концентрата иона по меньшей мере с частью потока ОО-пермеата, по меньшей мере частью потока пермеата нанофильтрации, сильноминерализованным потоком или их комбинацией, для получения смешанного потока слабоминерализованной воды.

Элемент 17, в котором один или более параметров состава включает общее содержание растворенных твердых веществ в нагнетаемой жидкости.

Элемент 18, в котором при автоматическом регулировании состояния одного или более клапанов регулируют один или более клапанов для изменения расхода ОО-пермеата, НФ-пермеата, потока ПВ, обводного потока питательной воды, потока концентрата иона или их комбинации, смешанных для получения нагнетаемой жидкости.

В то время как были показаны и описаны некоторые варианты осуществления, специалистом в данной области могут быть предложены их модификации, не выходящие за пределы принципов настоящего раскрытия.

Многочисленные иные модификации, эквиваленты и альтернативы будут очевидными для специалистов после полного знакомства с вышеприведенным раскрытием. Предполагается, что приведенная далее формула будет истолкована как охватывающая все эти модификации, эквиваленты и альтернативы там, где это применимо. Соответственно, область защиты ограничена не приведенным выше описанием, а только следующей далее формулой изобретения, область притязаний которой включает эквиваленты предмета изобретения согласно формуле.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система управления, выполненная с возможностью управления работой одного или более узлов обратного осмоса (ОО), одного или более узлов нанофильтрации (НФ), смесительной системы или их комбинации в установке деминерализации, включающая

панель (ПУ) управления;

несколько регулирующих контроллеров (РК) и

управляющий контроллер (УК), связанный для обмена данными с ПУ и с каждым из нескольких РК и сконфигурированный для приема вводимых пользовательских данных от ПУ и приема вводимых данных от нескольких РК, относящихся к данным от нескольких датчиков в установке деминерализации,

причем каждый из нескольких РК связан для обмена данными с несколькими датчиками, и несколько РК сконфигурированы для приема данных от одного или более из нескольких датчиков, направления выходных данных к УК и приема от него разрешений, и выдачи команд одному или более из нескольких устройств установки деминерализации в ответ на принятые разрешения от УК,

УК сконфигурирован для мониторинга тенденций во входных данных, относящихся к данным, принятым от нескольких РК, и/или прогнозирования последствий по этим данным, и формирования разрешений для каждого из РК на основе наблюдаемых тенденций, вводимых пользовательских данных от ПУ или их комбинации, и

несколько упомянутых устройств содержат несколько клапанов и насосов, включающих один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного объединения по меньшей мере части питательной воды от линии впуска питательной воды, по меньшей мере части пластовой воды (ПВ) в линии подмешивания ПВ или обоих с ОО-пермеатом из питательной линии ОО-пермеата одного или более ОО-узлов, НФ-пермеатом из питательной линии НФ-пермеата одного или более НФ-узлов или с обоими для вырабатывания нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

2. Система управления по п.1, в которой несколько датчиков выбраны из датчиков концентрации

иона, выполненных с возможностью измерения по меньшей мере одного из проводимости, минерализации, общей концентрации растворенных ионов, и/или концентраций отдельных ионов (C_i) в различных линиях для потоков установки деминерализации, датчиков температуры, выполненных с возможностью измерения температуры в различных линиях для потоков в установке деминерализации, датчиков давления, выполненных с возможностью измерения давления в различных линиях для потоков в установке деминерализации, датчиков расхода, выполненных с возможностью измерения расхода в различных линиях для потоков в установке деминерализации, или комбинации этих датчиков.

3. Система управления по п.2, в которой разные линии для потоков включают одну или более линий, выбранных из питательных линий ОО-узла, питательных линий НФ-узла, линий ОО-пермеата, линий НФ-пермеата, линий ОО-концентрата, линий НФ-концентрата, линий комбинированного ОО/НФ-пермеата, линий смешанного потока слабоминерализованной воды, линий сброса пермеата ОО-узла, линий сброса пермеата НФ-узла, линий сброса комбинированного ОО/НФ-пермеата, питательных линий концентрата иона, обводных линий питательной воды, линий подмешивания пластовой воды (ПВ) или их комбинации.

4. Система управления по п.3, в которой датчики выполнены с возможностью выдачи данных в РК, причем РК обеспечивают выдачу выходных данных в УК и/или УК обеспечивают мониторинг тенденции в одном или более рабочих параметров, выбранных из степени загрязнения ОО-мембран одного или более ОО-узлов, НФ-мембран одного или более НФ-узлов или обоих; давления подачи в один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов или в оба; скорости изменения давления подачи в один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов или в оба; расхода подачи в один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов или в оба; давления концентрата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; давления пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; перепада давления на одном или более ОО-узлах, одном или более НФ-узлах или на обоих; проводимости пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или обоих; общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; температуры пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; расхода пермеата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; расхода концентрата от одного или более ОО-узлов, одного или более НФ-узлов или от обоих; степени извлечения в одном или более ОО-узлах, одном или более НФ-узлах или в обоих; расхода, минерализации, проводимости и/или ОСРТВ обводного потока питательной воды, расхода, минерализации, проводимости и/или ОСРТВ подмешиваемого потока пластовой воды (ПВ), расхода, минерализации, проводимости и/или ОСРТВ смешанного потока слабоминерализованной воды или комбинации этих параметров.

5. Система управления по п.1, в которой упомянутые несколько клапанов и насосов включают одно или более из следующего: один или более клапанов и/или насосов на питательной линии в ОО-узел, НФ-узел или их комбинацию; один или более клапанов и/или насосов на линии пермеата от ОО-узла, НФ-узла или их комбинацию; один или более клапанов и/или насосов на питательной линии пермеата от ОО-узла, НФ-узла или от обоих к смесительной системе; один или более клапанов и/или насосов на линии концентрата от ОО-узла, НФ-узла или их комбинацию; один или более клапанов и/или насосов на линии комбинированного ОО/НФ-пермеата; один или более клапанов и/или насосов на линии смешанного потока слабоминерализованной воды от смесительной системы; один или более клапанов и/или насосов на линии концентрата иона, которая вводит концентрат иона из емкости с концентратом иона в смесительную систему; один или более клапанов и/или насосов на линии сброса пермеата от ОО-узла, НФ-узла или от обоих; один или более клапанов и/или насосов на обводной линии питательной воды от источника питательной воды к смесительной системе; один или более клапанов и/или насосов на линии подмешивания ПВ к смесительной системе; или их комбинация.

6. Установка деминерализации, включающая линию впуска воды;

один или более узлов обратного осмоса (ОО), сообщающихся с линией впуска воды, причем каждый из одного или более ОО-узлов выполнен с возможностью приема питательной воды ОО и вырабатывания ОО-пермеата и ОО-концентрата;

узел нанофильтрации (НФ), сообщающийся с линией впуска воды, одним или более ОО-узлов или с обоими, причем НФ-узел выполнен с возможностью вырабатывания НФ-пермеата и НФ-концентрата;

смесительную систему, включающую
питательную линию ОО-пермеата,
питательную линию НФ-пермеата,

точку слияния, выполненную с возможностью смешивания ОО-пермеата из питательной линии ОО-пермеата и НФ-пермеата из питательной линии НФ-пермеата для формирования смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, и

отводящую линию, выполненную с возможностью подачи смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему;

несколько клапанов и насосов, выполненных с возможностью регулирования расходов или давле-

ний различных потоков в установке деминерализации;

несколько датчиков, выполненных с возможностью измерения расхода, давления, температуры, состава или комбинации этих параметров в различных потоках в установке деминерализации;

систему управления по п.1, выполненную с возможностью управления работой одного или более ОО-узлов, НФ-узла и смесительной системы в пределах рабочих параметров и поддержания состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах рабочего диапазона,

причем система управления содержит несколько регулирующих контроллеров (РК), управляющий контроллер (УК) и панель управления, а УК имеет электронное соединение с ПУ, от которой он принимает вводимые пользовательские данные, и с каждым из нескольких РК, от которых он принимает входные данные, связанные с данными от датчиков, причем каждый из нескольких РК принимает данные от одного или более из нескольких датчиков, вырабатывает выходные данные для УК и получает от него разрешения, и направляет команды одному или более из нескольких клапанов и насосов в ответ на полученные разрешения от УК, а УК обеспечивает мониторинг тенденций во входных данных, принимаемых от нескольких регулирующих контроллеров, и определяет разрешения для каждого из РК, основанные на наблюдаемых тенденциях, вводимых пользовательских данных от панели управления, или их комбинации, и

несколько упомянутых устройств содержат несколько клапанов и насосов, включающих один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного объединения по меньшей мере части питательной воды от линии впуска питательной воды, по меньшей мере части пластовой воды (ПВ) в линии подмешивания ПВ или обоих с ОО-пермеатом из питательной линии ОО-пермеата одного или более ОО-узлов, НФ-пермеатом из питательной линии НФ-пермеата одного или более НФ-узлов или с обоими для вырабатывания нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

7. Установка деминерализации по п.6, в которой клапаны включают один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного комбинирования по меньшей мере части ОО-пермеата по меньшей мере с частью НФ-пермеата, для вырабатывания нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

8. Установка деминерализации по п.6, дополнительно включающая обводную линию, присоединенную к линии впуска воды и смесительной системе, впускную линию подмешивания ПВ, сообщающуюся со смесительной системой, или обе, причем клапаны включают один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного объединения по меньшей мере части питательной воды от линии впуска воды, по меньшей мере части ПВ в линии подмешивания ПВ или обоих с ОО-пермеатом из питательной линии ОО-пермеата и НФ-пермеатом из питательной линии НФ-пермеата, для вырабатывания нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

9. Установка деминерализации по п.8, в которой питательная вода имеет более высокую концентрацию двухвалентных катионов, чем ОО-пермеат.

10. Установка деминерализации по п.6, в которой датчики выбраны из датчиков температуры, датчиков давления, датчиков расхода, датчиков концентрации иона, выполненных с возможностью измерения по меньшей мере одного из проводимости, минерализации, общего содержания растворенных ионов или концентрации отдельных ионов (C_i), или их комбинации.

11. Установка деминерализации по п.6, в которой датчики включают один или более датчиков расхода, один или более датчиков давления или их комбинацию.

12. Установка деминерализации по п.11, в которой один или более датчиков расхода, один или более датчиков давления или их комбинация включают датчики, выполненные с возможностью измерения расхода, давления или того и другого по меньшей мере одного из ОО-пермеата, НФ-пермеата, смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, обводного потока питательной воды, подмешиваемого потока пластовой воды (ПВ), потока концентрата иона или их комбинации.

13. Установка деминерализации по п.6, дополнительно включающая емкость, содержащую концентрат иона, причем клапаны включают один или более клапанов, выполненных с возможностью смешивания концентрата иона по меньшей мере с одним из пермеата обратного осмоса, пермеата нанофильтрации, питательной воды или смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, для получения состава в пределах рабочего диапазона.

14. Установка деминерализации по п.6, дополнительно содержащая одну из линий: линию сброса ОО-пермеата, выполненную с возможностью отведения неиспользованной части ОО-пермеата из установки деминерализации, линию сброса НФ-пермеата, выполненную с возможностью отведения неиспользованной части НФ-пермеата из установки деминерализации, или обводную линию сброса питательной воды, выполненную с возможностью отведения обводного потока неиспользованной части питательной воды из установки деминерализации.

15. Способ получения нагнетаемой воды, при осуществлении которого

вырабатывают поток пермеата обратного осмоса;

вырабатывают поток пермеата нанофильтрации;

смешивают по меньшей мере часть потока пермеата обратного осмоса по меньшей мере с частью потока пермеата нанофильтрации высокоминерализованным потоком или их комбинацией для получе-

ния смешанного потока слабоминерализованной воды и

управляют выработкой потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата и смешиванием в пределах рабочих параметров, поддерживают состав смешанного потока слабоминерализованной воды в пределах рабочего диапазона посредством системы управления, содержащей несколько регулирующих контроллеров (РК), управляющий контроллер (УК) и панель (ПУ) управления, причем УК обменивается данными с ПУ, от которой он получает вводимые пользовательские данные, и с каждым из нескольких РК, от которых он получает входные данные, относящиеся к данным от нескольких датчиков, и каждый из нескольких РК получает данные от одного или более из нескольких датчиков, направляет выходные данные к УК и получает от него разрешения, и направляет команды одному или более из нескольких клапанов и насосов в ответ на полученные разрешения от УК, причем УК выполняет мониторинг тенденций во входных данных, связанных с данными, принятыми от нескольких РК, и формирует разрешения для каждого из РК на основе наблюдаемых тенденций, вводимых пользовательских данных от панели управления или их комбинации, а упомянутые несколько клапанов и насосов включают один или более клапанов, выполненных с возможностью выборочного объединения по меньшей мере части питательной воды от линии впуска питательной воды, по меньшей мере части пластовой воды (ПВ) в линии подмешивания ПВ или обоих с ОО-пермеатом из питательной линии ОО-пермеата одного или более ОО-узлов, НФ-пермеатом из питательной линии НФ-пермеата одного или более НФ-узлов или с обоими для выработки нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

16. Способ по п.15, в котором дополнительно используют систему управления для управления сбросом части потока ОО-пермеата из установки деминерализации; сбросом части потока НФ-пермеата из установки деминерализации или комбинации этих действий для получения смешанного потока слабоминерализованной воды, имеющей состав в пределах рабочего диапазона.

17. Способ по п.15, в котором поток ОО-пермеата и поток НФ-пермеата вырабатывают из питательной воды, а сильноминерализованный поток содержит по меньшей мере часть питательной воды, поток пластовой воды (ПВ) или их комбинацию.

18. Способ по п.17, в котором состав содержит анион сульфата в концентрации менее пороговой концентрации сульфата.

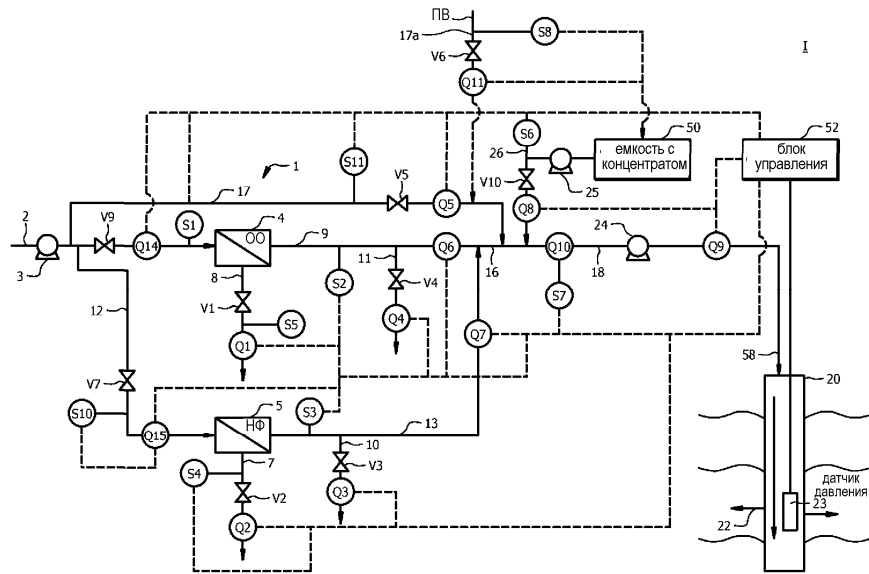
19. Способ по п.15, в котором при смешивании дополнительно смешивают по меньшей мере часть концентрата иона по меньшей мере с частью потока ОО-пермеата, по меньшей мере частью потока пермеата нанофильтрации, сильноминерализованным потоком или их комбинацией для получения смешанного потока слабоминерализованной воды.

20. Способ управления составом нагнетаемой жидкости, в котором принимают управляющим контроллером (УК) системы управления по п.1 один или более целевых параметров состава для нагнетаемой жидкости и

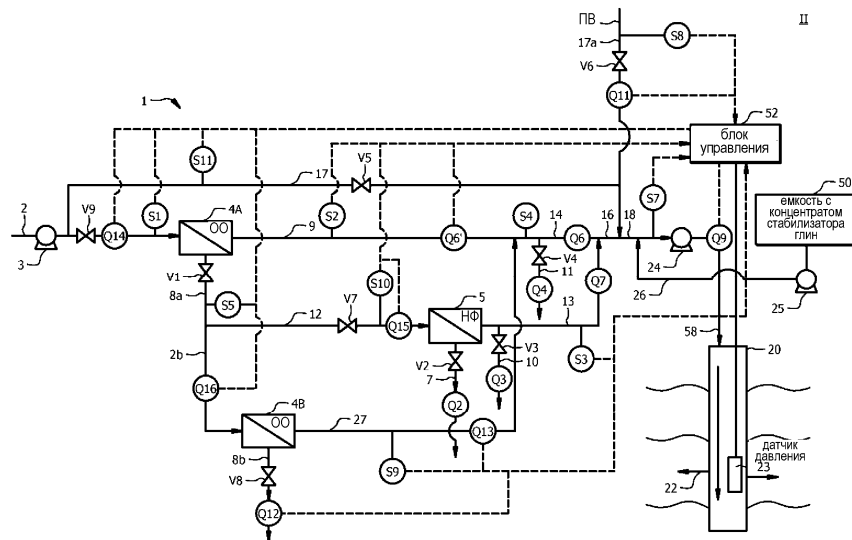
автоматически регулируют посредством передачи разрешений от управляющего контроллера к одному или более регулирующим контроллерам (РК) системы управления, связанными с одним или более клапанами в установке деминерализации, состояние одного или более клапанов для выработки нагнетаемой жидкости, соответствующей требованиям по одному или более параметрам состава, посредством выборочного объединения по меньшей мере части питательной воды от линии впуска питательной воды, по меньшей мере части пластовой воды (ПВ) в линии подмешивания ПВ или обоих, с ОО-пермеатом из питательной линии ОО-пермеата одного или более ОО-узлов, НФ-пермеатом из питательной линии НФ-пермеата одного или более НФ-узлов или с обоими для выработки нагнетаемой воды с составом в пределах рабочего диапазона.

21. Способ по п.20, в котором один или более параметров состава включает общее содержание растворенных твердых веществ в нагнетаемой жидкости.

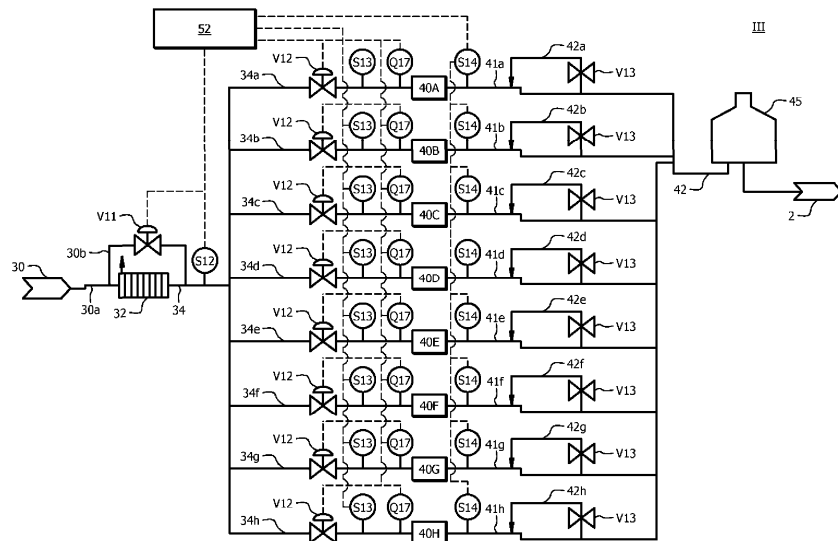
22. Способ по п.20, в котором при автоматическом регулировании состояния одного или более клапанов регулируют один или более клапанов для изменения расхода ОО-пермеата, НФ-пермеата, потока ПВ, обводного потока питательной воды, потока концентрата иона или их комбинации, смешанных для получения нагнетаемой жидкости.



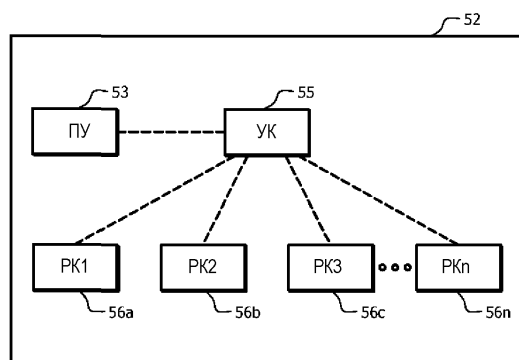
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

