

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042122**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.01.17**

(21) Номер заявки  
**202090567**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.09.12**

(51) Int. Cl. *E21B 43/20* (2006.01)  
*E21B 21/06* (2006.01)  
*B01D 61/02* (2006.01)  
*C02F 1/44* (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ НАГНЕТАЕМОЙ ВОДЫ**

---

(31) **1714649.9**

(32) **2017.09.12**

(33) **GB**

(43) **2020.07.27**

(86) **PCT/EP2018/074669**

(87) **WO 2019/053092 2019.03.21**

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

(72) Изобретатель:  
**Коллинс Айан Ральф, Коувз Джон  
Уильям, Крауч Джон Хенри, Уильямс  
Джон Дейл (GB)**

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

(56) US-A1-2014352958  
US-A1-2013213892  
US-A1-2015300149  
US-A-3637494  
US-A1-2012125604

---

(57) В изобретении описан способ, включающий получение первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и получение второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта. Коллекторская пластовая порода первой и второй областей имеют, соответственно, первый и второй состав породы, что представляет разные риски ухудшения коллекторских свойств пласта. Первая и вторая смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды содержат изменяемые количества пермеата нанофильтрации и пермеата обратного осмоса. Составы первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод поддерживаются в пределах, соответственно, первого и второго заданных рабочих диапазонов, что позволяет сочетать улучшение повышенной нефтеотдачи из первой и второй областей и одновременное ослабление ухудшения коллекторских свойств пласта при нагнетании первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод в нефтеносный пласт.

---

**B1**

**042122**

**042122**

**B1**

### Область техники

Настоящее изобретение относится к методам добычи нефти с применением методов интенсификации добычи, таких как заводнение слабоминерализованной водой.

### Уровень техники

Одна из проблем, связанных с заводнением слабоминерализованной водой, заключается в том, что вода, получаемая с помощью технологий деминерализации, имеет степень минерализации ниже оптимальной для непрерывного нагнетания в нефтесодержащий пласт. Действительно, деминерализованная вода может ухудшать коллекторские свойства нефтесодержащей породы в пласте и замедлять извлечение нефти, например, вызывая увеличение потерь приёмистости от разбухания глин и миграцию мелких частиц. Следовательно, существует оптимальная степень минерализации закачиваемой воды, сочетающая преимущество повышенной нефтеотдачи (с вторичными/интенсифицирующими методами добычи) и одновременное снижение риска ухудшения коллекторских свойств пласта, причем эта оптимальная минерализация может изменяться в пределах одного продуктивного пласта в зависимости от изменений состава породы в пространстве по пласту (как по вертикали, так и по горизонтали). Как правило, при содержании в нефтесодержащем пласте породы с большим количеством разбухающих глин, ухудшения коллекторских свойств пласта при продолжающемся извлечении из него нефти можно избежать, если закачиваемая вода имеет общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в диапазоне от 200 до 10000 миллионных долей (ppm), а отношение концентрации многовалентных катионов в слабоминерализованной нагнетаемой воде к концентрации многовалентных катионов в реликтовой воде пласта составляет менее 1, например менее 0,9.

Другой проблемой, связанной с заводнением слабоминерализованной водой, является подверженность продуктивного пласта к закислению или осаждению солей, из-за чего уровень сульфатов в нагнетаемой слабоминерализованной воде обычно необходимо поддерживать на низком уровне. Закисление происходит из-за размножения сульфатовосстанавливающих бактерий, использующих сульфаты в своем метаболизме, с образованием сероводорода. Осаждение солей возникает из-за выпадения минерального осадка при смешивании нагнетаемой воды, содержащей фосфаты, с реликтовой водой, содержащей катионы-прекурсоры осаждения, такие как катионы бария.

Определения.

В приведенном ниже описании используются следующие термины.

"Сильноминерализованная/высокоминерализованная питательная вода" - питательная вода для установки деминерализации, которой обычно является морская вода (МВ), вода эстуария, вода водоносного горизонта или их смеси.

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

"Модуль нанофильтрации (НФ)" - содержит сосуд высокого давления, вмещающий один или более мембранных НФ-элементов, предпочтительно от 1 до 8, в частности от 4 до 8 мембранных НФ-элементов.

"Обратноосмотическая (ОО) ступень установки деминерализации" - группа модулей ОО-фильтрации, параллельно соединенных друг с другом. Аналогичным образом, "нанофильтрационная (НФ) ступень установки деминерализации" представляет собой группу 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 клапанов (в частности, вентилях, задвижек и другой трубопроводной арматуры) и трубопроводов. Один, два или более мембранных блоков могут быть смонтированы на рамном основании.

"Реликтовая вода" - вода, присутствующая в поровом пространстве нефтеносного слоя продуктивного пласта.

"Водная вытесняющая текучая среда" - водная текучая среда, которая может нагнетаться в нагнетательную скважину после нагнетания пробки (оторочки) малого порового объема (ПО) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды.

"Нефтяная зона" - 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" (PVR) - поровый объем слоя(ев) пластовой породы, "промываемый" нагнетаемыми текучими средами (слабоминерализованной нагнетаемой водой и любой водной вытесняющей текучей средой), между нагнетательной скважиной и эксплуатационной скважиной, усредненный по всем путям прохождения потока. 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 текучими средами, между нагнетательной скважиной и связанными с ней эксплуатационными скважинами.

"Пробка (оторочка)" - низкий поровый объем жидкости, закачанной в нефтеносный слой продук-

тивного пласта. Величины поровых объемов для пробок слабоминерализованной нагнетаемой воды основываются на охваченном поровом объеме (PVR) слоя(ев) пластовой породы.

"Нагнетательная система" включает нагнетательную линию и один или более нагнетательных насосов для закачивания нагнетательной воды через нагнетательную скважину и нагнетания нагнетательной воды в пласт месторождения.

"Приемистость скважины" означает, насколько легко текущая среда (например, нагнетаемая вода) закачивается в нефтеносный слой продуктивного пласта.

"Смесительная система" содержит несколько питательных линий для передачи подмешиваемых потоков, ведущих по меньшей мере к одному месту слияния, и отводящую линию для отведения смешанного (составного) потока нагнетательной воды от точки(ек) (мест) слияния.

"ОС РТВ" или "ОК РТВ" - общее содержание или общая концентрация растворенных твердых веществ в водном потоке, обычно выражающееся в мг/л (эквивалент ppm). В случае водного потока в описанных здесь вариантах выполнения, растворенными твердыми веществами являются ионы, поэтому ОСРТВ или ОКРТВ является мерой минерализации водного потока.

Относительный показатель адсорбции натрия (SAR) используется для оценки состояния флокуляции или дисперсии глин в пластовой породе. Обычно катионы натрия способствуют дисперсии частиц глины, в то время как катионы магния вызывают их флокуляцию. Относительный показатель адсорбции натрия (SAR - от англ. sodium adsorption ratio) вычисляется по следующей формуле:

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{(0.5[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}}$$

где концентрация катионов натрия, кальция и магния выражается в миллиэквивалентах на 1 л.

"Фонтанная арматура" представляет собой совокупность клапанов, трубных узлов и соединительных устройств, используемых для скважин нагнетания воды и позволяющих управлять расходом воды в нагнетательную скважину.

"Сухая фонтанная арматура" (также называемая "наземной фонтанной арматурой") означает фонтанную арматуру, расположенную на поверхности (на земле или на платформе или плавучей системе для добычи, хранения и отгрузки нефти FPSO (от англ. Floating Production, Storage & Offloading facility)).

"Донная фонтанная арматура" означает подводную фонтанную арматуру, расположенную под водной поверхностью, в частности на морском дне.

### **Раскрытие изобретения**

Настоящее изобретение относится к управлению минерализацией слабоминерализованной (низкоминерализованной) нагнетаемой воды в ходе заводнения слабоминерализованной водой нефтяного пласта-коллектора, когда пластовая порода, окружающая первую нагнетательную скважину и вторую нагнетательную скважину, имеет разные химические характеристики, в результате чего возникает и разный риск ухудшения коллекторских свойств пласта (потеря проницаемости), при нагнетании слабоминерализованной нагнетаемой воды в продуктивный пласт через нагнетательные скважины. Настоящее изобретение также относится к управлению концентрацией одного или более отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов в слабоминерализованной нагнетаемой воде(ам), нагнетаемой в нагнетательные скважины, пробуренные в разные области продуктивного пласта, обладающие разными характеристиками породы, чем обусловлен разный риск ухудшения коллекторских свойств пласта.

Согласно первому аспекту, настоящее изобретение относится к способу получения первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, причем коллекторская пластовая порода первой и второй областей имеют, соответственно, первый и второй состав породы, что представляет разный риск ухудшения коллекторских свойств пласта, а первая и вторая смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды содержат изменяемые количества пермеата (фильтрата) нанофильтрации, пермеата обратного осмоса и, в некоторых случаях, изменяющиеся количества морской воды и/или добавки для стабилизации мелких частиц, и составы первой и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды поддерживаются в пределах, соответственно, первого и второго заданных рабочих диапазонов, что позволяет сочетать улучшение или рост до максимума повышенной нефтеотдачи из первой и второй областей продуктивного пласта с одновременным сокращением или сведением к минимуму ухудшения коллекторских свойств пласта при нагнетании первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод из нагнетательной скважины(ин) в первую и вторую области нефтеносного пласта.

Первая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода может нагнетаться в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первую область продуктивного пласта, а вторая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода может одновременно (параллельно) нагнетаться в нагнетательную скважину(ы), пробуренную во вторую область продуктивного пласта. Однако начало и окончание нагнетания первой и второй слабоминерализованных вод в нагнетательную скважину(ы), пробуренные, соответственно, в первую и вторую области продуктивного пласта, не обязательно должны быть одновременными.

В альтернативном случае, нагнетание первой смешанной слабоминерализованной воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первую область продуктивного пласта, может осуществляться перед нагнетанием второй смешанной слабоминерализованной воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную во вторую область продуктивного пласта (или наоборот), т.е. нагнетание первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод может проводиться последовательно.

Также представляется, что нефтеносный пласт может иметь одну или более дополнительных областей (третью, четвертую и т.д. областей), риск(и) ухудшения коллекторских свойств которых отличается от риска в первой и второй областях. Соответственно, по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в дополнительной области(ях) продуктивного пласта, может быть инжектирована дополнительная смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода(ы), состав которой поддерживается в пределах другого заданного рабочего диапазона(ов), что позволяет сочетать рост до максимума улучшенной нефтеотдачи из дополнительной(ых) области(ей) продуктивного пласта и одновременное доведение до минимума риска ухудшения коллекторских свойств пласта при нагнетании дополнительной смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды из нагнетательной скважины(ин) в дополнительную область(и) нефтеносного пласта.

Дополнительные смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды (третья, четвертая и т.д. смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды) могут нагнетаться в дополнительную область(и) (третью, четвертую и т.д. области) продуктивного пласта одновременно или параллельно с нагнетанием первой и второй смешанной слабоминерализованной вод в первую и вторую области продуктивного пласта. В альтернативном случае, первая, вторая и дополнительные смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды (третья, четвертая и т.д. смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды) могут нагнетаться последовательно в первую, вторую и дополнительные области продуктивного пласта (в любом порядке).

Предпочтительно в случае риска закисления продуктивного пласта или образования отложений могут быть выбраны рабочие диапазоны для первой, второй и любых дополнительных смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод, для снижения или сведения к минимуму риска закисления или образования отложений в продуктивном пласте.

Согласно второму аспекту, настоящее изобретение относится к способу получения единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава для одновременного (параллельного) нагнетания в по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, и, в некоторых случаях, по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную в дополнительную область(и) нефтеносного пласта, где коллекторская пластовая порода первой, второй и дополнительной областей имеет первый, второй и дополнительный состав породы соответственно, что представляет разные риски для ухудшения коллекторских свойств пласта, и где смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода может содержать изменяемые количества пермеата нанофильтрации, пермеата обратного осмоса и, в некоторых случаях, изменяемые количества морской воды и/или по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц. Согласно этой дополнительной особенности настоящего изобретения, состав единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды поддерживается в пределах перекрывающего рабочего интервала, определяемого граничными величинами для области перекрытия заданных рабочих диапазонов для составов смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для первой, второй и опциональных областей продуктивного пласта, где заданные рабочие диапазоны позволяют сочетать улучшение или рост до максимума повышенной нефтеотдачи из первой, второй и опциональных дополнительных областей продуктивного пласта и одновременное ослабление или сведение к минимуму ухудшения коллекторских свойств пласта в первой, второй области и, в некоторых случаях, дополнительных областях продуктивного пласта.

Предпочтительно при наличии риска закисления или образования отложений в продуктивном пласте, перекрывающий рабочий интервал также может быть выбран для сведения к минимуму риска закисления или образования отложений в продуктивном пласте.

Разные области (первая, вторая и любая дополнительная область(и)) продуктивного пласта могут быть разными областями слоя коллекторской пластовой породы, в которой состав породы меняется по слою. В альтернативном случае, различными областями (первой, второй и любой другой области(ей)) продуктивного пласта могут быть разные слои нефтеносного пласта, каждый из которых имеет свой состав породы.

Третий аспект настоящего изобретения относится к комплексной системе, предназначенной для нагнетания единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава одновременно по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, и включающей блок управления, установку деминерализации, смесительную систему и нагнетательную систему, причем:

установка деминерализации содержит узел ОО для получения подмешиваемого потока ОО-пермеата и для передачи подмешиваемого потока ОО-пермеата в смесительную систему, и узел НФ для

получения подмешиваемого потока НФ-пермеата и для передачи подмешиваемого потока НФ-пермеата в смесительную систему;

смесительная система содержит питательную линию ОО-пермеата, питательную линию НФ-пермеата, линию сброса ОО-пермеата, линию сброса НФ-пермеата, точку слияния для смешивания ОО-пермеата и НФ-пермеата для формирования смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, и отводящую линию для передачи смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему;

нагнетательная система содержит нагнетательную линию, имеющую по меньшей мере один нагнетательный насос для подачи смешанной нагнетаемой воды в:

- (а) нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первую область нефтеносного пласта,
- (б) нагнетательную скважину(ы), пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, и,
- (в) в некоторых случаях, нагнетательную скважину(ы), пробуренную в одну или более дополнительных областей нефтеносного пласта;

а блок управления установки деминерализации может менять работу установки деминерализации в реальном времени, для регулирования количества подмешиваемых потоков ОО-пермеата и/или НФ-пермеата, которые должны быть смешаны в точке слияния, поддерживая, тем самым, состав смешанного (составного) потока слабоминерализованной воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона, определяемого граничными величинами для области перекрытия первого, второго и опционального дополнительного заданного рабочего диапазона(ов) для состава слабоминерализованной нагнетаемой воды для, соответственно, первой, второй и опциональной дополнительной области(ей) нефтеносного пласта, где заданные рабочие диапазоны позволяют сочетать улучшение или рост до максимума нефтеотдачи из первой, второй и опциональной дополнительной области(ей) продуктивного пласта и одновременное ослабление или сведение к минимуму ухудшения коллекторских свойств пласта в первой, второй области и опциональной дополнительной области(ях) продуктивного пласта, и где в блок управления были введены диапазоны рабочих режимов, а блок управления либо определяет перекрывающий рабочий диапазон, либо перекрывающий рабочий диапазон был введен в блок управления.

Предпочтительно смесительная система, производящая единую смешанную слабоминерализованную воду, содержит резервуар для концентрированного водного раствора по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц (далее - "концентрат для стабилизации мелких частиц") и питательную линию для концентрата для стабилизации мелких частиц, оборудованную регулируемым расходным клапаном, которая позволяет подводить различные количества концентрата для стабилизации мелких частиц к смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде. В альтернативном случае, резервуар может быть оборудован насосом-дозатором для точного дозирования концентрата для стабилизации мелких частиц в нагнетаемую воду. Насос-дозатор может быть соединен с измерителем расхода, который может быть использован для регулирования концентрации добавки для стабилизации мелких частиц для соблюдения профиля концентрации (закона, определяющего необходимую концентрацию) добавки(ок) для стабилизации мелких частиц. Блок управления комплексной системы может менять работу смесительной системы в реальном времени, для регулирования количества концентрата для стабилизации мелких частиц, подаваемого в точку слияния смесительной системы или нагнетательную линию, поддерживая, тем самым, состав полученной единой смешанной слабоминерализованной воды в пределах перекрывающего рабочего интервала, который дополнительно определен граничными величинами концентрации добавки для стабилизации мелких частиц для области перекрытия первого, второго и любых дополнительных рабочих диапазонов (для первой, второй и любых дополнительных областей продуктивного пласта соответственно). Таким образом, заданные рабочие диапазоны для каждой из первой, второй и любой дополнительной областей продуктивного пласта включают верхний и нижний пределы для концентрации одной или более добавок для стабилизации мелких частиц.

Несмотря на то, что комплексная система согласно данной особенности настоящего изобретения приспособлена к подаче единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды одновременно (или параллельно) в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в каждую из областей, она может быть модифицирована для подачи первой смешанной нагнетаемой воды, второй смешанной нагнетаемой воды и, опционально, одной или более дополнительных смешанных нагнетаемых вод последовательно в по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область продуктивного пласта, по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область продуктивного пласта и, опционально, по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в дополнительную область(и) продуктивного пласта соответственно, где каждая область характеризуется своим риском ухудшения коллекторских свойств. В таком варианте построения, рабочие диапазоны для первой, второй и любой дополнительной нагнетаемой воды вводятся в блок управления, который регулирует составы смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды на соответствие с одним из первого, второго или дополнительного рабочего диапазона(ов), тем самым формируя одну из первой, второй или дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод. Основная нагнетательная линия нагнетательной системы может быть, далее, гидравлически (по текучей среде) соединена с нагнетательной скважиной(ами), пробуренной в соответствующую область продуктивного пласта. Таким образом, если

комплексная система используется для формирования первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, основную нагнетательную линию гидравлически соединяют с нагнетательной скважиной(ами), пробуренной в первую область продуктивного пласта. Аналогично, если комплексная система используется для формирования второй нагнетаемой воды или дополнительной нагнетаемой воды (вод), основную нагнетательную линию гидравлически соединяют с нагнетательной скважиной(ами), пробуренной во вторую или дополнительную область(и) продуктивного пласта соответственно. Можно заметить, что в такой модифицированной системе отсутствует требование введения перекрывающего рабочего интервала в блок управления или определения, посредством блока управления, перекрывающего рабочего интервала. Напротив, блок управления управляет составом смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды на соответствие рабочему диапазону для одной из первой, второй или дополнительных областей продуктивного пласта.

Представляется, что комплексная система или модифицированная комплексная система, согласно этого третьего аспекта настоящего изобретения, может быть расположена на суше для использования с месторождениями на суше, или на шельфе (например, на платформе или FPSO) для использования на морских месторождениях. В тех случаях, однако, когда комплексная система предназначена для использования на морском месторождении, также возможно, что установка деминерализации может быть расположена на берегу и потоки ОО-пермеата и НФ-пермеата могут быть переданы к смесительной системе, расположенной в море.

Комплексную систему или модифицированную комплексную систему, согласно этой третьей особенности настоящего изобретения, предпочтительно использовать с оффшорным продуктивным пластом, имеющим нагнетательную систему, содержащую единую (основную) нагнетательную линию, присоединенную к единому подводному коллектору, в котором ответвленные нагнетательные линии ведут от коллектора к нагнетательной скважине(ам), пробуренным в первую, вторую и любую дополнительную область(и) нефтяного продуктивного пласта.

Если единая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода, состав которой находится в пределах перекрывающего интервала рабочих режимов, должна нагнетаться параллельно в каждую область продуктивного пласта, блок управления открывает клапаны в основной нагнетательной линии и коллекторе для подачи нагнетаемой воды из основной нагнетательной линии параллельно в нагнетательные скважины, пробуренные в каждую область продуктивного пласта. Если первая, вторая и, опционально, дополнительная слабоминерализованные нагнетательные воды должны подаваться последовательно в первую, вторую и, опциональную области продуктивного пласта (в любом порядке), блок управления открывает и закрывает клапаны в коллекторе для обеспечения гидравлического соединения основной нагнетательной линии с нагнетательной скважиной(ами), пробуренной в одну из первой, второй или опциональной области(ей) продуктивного пласта.

В альтернативном случае основная нагнетательная линия может быть разделена, образуя первую основную нагнетательную линию, вторую основную нагнетательную линию и, в некоторых случаях, по меньшей мере одну дополнительную нагнетательную линию, ведущие к выделенным первому коллектору, второму коллектору и, опционально, дополнительному коллектору(ам), предназначенным для первой области, второй области и опциональной дополнительной области(ям) продуктивного пласта соответственно, причем выделенный коллектор для каждой области продуктивного пласта имеет ответвленную нагнетательную линию(и), ведущую к нагнетательной скважине(ам), пробуренной в каждую область. Соответственно каждый из выделенных коллекторов может одновременно передавать нагнетаемую воду от основной нагнетательной линии в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в каждую область продуктивного пласта. В альтернативном случае, слабоминерализованная нагнетаемая вода с различными составами может подаваться последовательно в один из первого, второго и любого дополнительного выделенного (специального) коллектора, а из коллектора в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в одну из первой, второй и любой дополнительной области продуктивного пласта.

Согласно четвертому аспекту настоящего изобретения, предложена комплексная система получения первой, второй и, в некоторых случаях, по меньшей мере одной дополнительной смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, каждая из которых имеет изменяемый состав, для одновременного или параллельного нагнетания в по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, и по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную в любую дополнительную область(и) нефтеносного пласта; при этом коллекторская пластовая порода первой, второй и дополнительной области(ей) имеет первый, второй и дополнительный состав(ы) породы соответственно, характеризующиеся различными рисками ухудшения коллекторских свойств пласта, а первая, вторая и дополнительная смешанные слабоминерализованные воды могут содержать изменяемые количества пермеата нанофильтрации, пермеата обратного осмоса и, опционально, изменяемые количества морской воды и/или по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц. Согласно этой дополнительной особенности настоящего изобретения, состав каждой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды поддерживается в пределах заданного рабочего диапазона так, что обеспечивает сочетание максимума улучшенной нефтеотдачи из каждой области с одновременным сведением к

минимуму риска ухудшения коллекторских свойств пласта в каждой области. Комплексная система содержит блок управления, установку деминерализации, смесительную систему и нагнетательную систему, причем

установка деминерализации содержит узел ОО для получения подмешиваемого потока ОО-пермеата и для передачи подмешиваемого потока ОО-пермеата в смесительную систему, и узел НФ для получения подмешиваемого потока НФ-пермеата и для передачи подмешиваемого потока НФ-пермеата в смесительную систему;

смесительная система содержит основную питательную линию ОО-пермеата, основную питательную линию НФ-пермеата, линию сброса ОО-пермеата, линию сброса НФ-пермеата, первую и второе место слияния и первую и вторую отводящие линии, причем линии сброса ОО-пермеата и НФ-пермеата гидравлически связаны с основной питательной линией ОО-пермеата; основная питательная линия ОО-пермеата разделяется с образованием первой и второй ответвленной питательной линии ОО-пермеата для передачи ОО-пермеата в первую и вторую точки слияния, соответственно, основная питательная линия НФ-пермеата разделяется с образованием первой и второй ответвленной питательной линии НФ-пермеата для передачи НФ-пермеата в первую и вторую точки слияния соответственно, а первая и вторая отводящие линии гидравлически связаны с первой и второй точками слияния и предназначены для передачи первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод в нагнетательную систему;

нагнетательная система содержит, по меньшей мере, первую и вторую выделенные (специальные) нагнетательные линии, каждая из которых имеет по меньшей мере один нагнетательный насос, причем первая и вторая нагнетательные линии гидравлически связаны с первой и второй отводящими линиями смесительной системы соответственно, и первая выделенная нагнетательная линия предназначена для подачи первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первую область нефтеносного пласта, а вторая нагнетательная линия предназначена для подачи второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную во вторую область нефтеносного пласта;

при этом блок управления установки деминерализации может изменять работу установки деминерализации в реальном времени для регулирования количеств подмешиваемых потоков ОО-пермеата и/или НФ-пермеата, которые подлежат смешиванию в первой и второй точках слияния, поддерживая, тем самым, состав первого и второго смешанных потоков слабоминерализованной воды в пределах первого и второго заданных рабочих диапазонов, введенных ранее в блок управления.

Следует понимать, что смесительная система в этой дополнительной особенности настоящего изобретения может, в некоторых случаях, иметь дополнительную точку(и) слияния, дополнительную ответвленную линию(и) ОО и дополнительную ответвленную линию(и) НФ, имеющие гидравлическую связь с дополнительной точкой(ами) слияния, и по меньшей мере одну дополнительную отводящую линию(и), гидравлически связанную с дополнительной точкой(ами) слияния, для передачи дополнительной смешанной слабоминерализованной воды(вод) к дополнительной выделенной нагнетательной линии(иям) нагнетательной системы (имеющей по меньшей мере один насос), причем дополнительная выделенная нагнетательная линия(и) предназначена для передачи дополнительной смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды(вод) к дополнительной области(ям) нефтеносного пласта, а блок управления может изменять работу установки деминерализации в реальном времени, для регулирования количеств подмешиваемых потоков ОО-пермеата и/или НФ-пермеата, которые подлежат смешиванию в дополнительном месте(ах) слияния, поддерживая, тем самым, состав дополнительного смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды в пределах ранее введенного в блок управления дополнительного заданного рабочего диапазона(ов) для дополнительной области(ей) продуктивного пласта.

Предпочтительно смесительная система содержит резервуар для концентрированного водного раствора по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц (далее "концентрат для стабилизации мелких частиц") и основную питательную линию для концентрата для стабилизации мелких частиц, имеющую первую, вторую и, в некоторых случаях, дополнительные ответвленные питательные линии, каждая из которых оборудована расходным клапаном, при этом первая, вторая и опциональные ответвленные питательные линии обеспечивают передачу различных количеств концентрата для стабилизации мелких частиц в виде подмешиваемого потока для первой, второй и дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод. Например, первая, вторая и дополнительная ответвленная линия(и) может подводить концентрат для стабилизации мелких частиц к:

- (а) первой, второй и дополнительному месту(ам) слияния смесительной системы соответственно;
- (б) точкам нагнетания, расположенным в первой, второй и, в некоторых случаях, дополнительных выделенных нагнетательных линиях нагнетательной системы соответственно; или
- (в) точкам ввода реагентов фонтанной арматуры нагнетательной скважины(ин), пробуренной в первую область, вторую область и, опционально, в дополнительную область(и) нефтеносного пласта соответственно.

Блок управления комплексной системы может изменять работу смесительной системы в реальном времени для регулирования количества концентрата для стабилизации мелких частиц, подаваемого в качестве подмешиваемого потока для первой, второй и любых дополнительных смешанных слабомине-

рализованных нагнетательных вод, поддерживая, тем самым, составы смешанных потоков слабоминерализованной воды в пределах заданных рабочих диапазонов, включающих граничные величины для по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц.

Комплексная система, согласно данной особенности настоящего изобретения, может быть расположена на суше и использоваться с нефтяным продуктивным пластом на суше, либо может быть расположена в море (например, на платформе или FPSO) для использования на морских нефтяных месторождениях. Также представляется, что установка деминерализации комплексной системы, согласно данной особенности настоящего изобретения, может быть расположена на суше, а смесительная система может быть расположена в море, причем расположенная на суше установка деминерализации обеспечивает передачу потоков ОО-пермеата и НФ-пермеата (по питательным линиям ОО-пермеата и НФ-пермеата соответственно) в находящуюся в море смесительную систему.

В случае если комплексная система согласно данной особенности настоящего изобретения расположена на суше для использования с нефтяным продуктивным пластом на суше, не возникает сложностей с нагнетанием первой, второй или дополнительной смешанных слабоминерализованных вод в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первой, второй и, опционально, дополнительной области(ях) продуктивного пласта, поскольку все нагнетательные скважины имеют сухие фонтанные арматуры.

Если же вся комплексная система или смесительная система комплексной системы расположена в море, нагнетательные скважины, пробуренные в первую, вторую и, опционально, дополнительную область(и) продуктивного пласта, могут иметь сухие фонтанные арматуры, расположенные на платформе или FPSO, обеспечивая, тем самым, нагнетание слабоминерализованной воды различного состава в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первую, вторую и, опционально, дополнительную область(и) продуктивного пласта. При этом нагнетательные скважины могут быть в основном протянуты от морского дна до платформы или FPSO. В альтернативном случае, нагнетательные скважины, пробуренные в первую, вторую и, опционально, дополнительную область(и) продуктивного пласта, могут иметь донные фонтанные арматуры с относящимися к ним первой, второй и, опционально, дополнительной нагнетательными линиями воды, проходящими от платформы или FPSO к морскому дну. Как правило, выделенные первая, вторая и, опционально, дополнительная нагнетательные линии воды могут быть присоединены к первому, второму и, опционально, дополнительному подводным коллекторам, где каждый коллектор имеет одну или более ответвленных нагнетательных линий, присоединенных к донной фонтанной арматуре(ам) нагнетательной скважины(ин), пробуренной в каждую область продуктивного пласта (т.е. имеется выделенная нагнетательная линия воды и выделенный коллектор для нагнетательной скважины(ин) каждой области продуктивного пласта).

Нагнетательная скважина(ы), пробуренная в первую область продуктивного пласта, может иметь гидравлическую связь с первой выделенной нагнетательной линией, благодаря которой открывание клапана в фонтанной арматуре(ах) нагнетательной скважины(ин) позволяет первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде протекать от выделенной первой нагнетательной линии воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в первую область продуктивного пласта. Аналогично, фонтанная арматура(ы) нагнетательной скважины(ин), пробуренной во вторую область (или любую дополнительную область) продуктивного пласта, может иметь гидравлическую связь со второй выделенной нагнетательной линией воды (или любой дополнительной выделенной нагнетательной линией), благодаря чему открывание клапана в фонтанной арматуре(ах) позволит второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде протекать от второй выделенной нагнетательной линии воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную во вторую область продуктивного пласта (или любой дополнительной нагнетаемой воде(ам) протекать от дополнительной выделенной нагнетательной линии(й) в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в дополнительную область(и) продуктивного пласта).

Блок управления комплексных систем настоящего изобретения может включать ЦП (центральный процессор), ОЗУ (оперативное запоминающее устройство), ПЗУ (постоянное запоминающее устройство), ЖД (жесткий диск), I/O интерфейс (интерфейс ввода/вывода), машиночитаемый код (например, программный и/или встроенный) и др. Блок управления может хранить в памяти команды, которые могут исполняться процессором, обеспечивая конфигурирование процессора для выполнения любых функций или операций, описанных применительно или относительно блока управления, согласно хранящимся в памяти командам. Хотя в приведенном описании упоминаются процессор и память, согласно некоторым особенностям, для выполнения этих же функций могут быть разработаны специализированные интегральные схемы (СИС).

Граничные величины для составов первой, второй и любой дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для каждой области нефтяного продуктивного пласта могут быть введены в блок управления комплексной системы. Блок управления далее может определить рабочие диапазоны для состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для каждой области продуктивного пласта, причем рабочие диапазоны определяются граничными величинами. Однако представляется, что рабочие диапазоны могут быть также получены введением граничных величин в компьютер, находящийся в удаленном пункте, выдачей из компьютера граничных величин и передачей их в блок управления комплексной системы по сети. Эти рабочие диапазоны могут быть определены граничными вели-

чинами (верхний и нижний пределы) для одного или более параметров из: ОСРТВ (минерализации), ионной силы, концентрации отдельных ионов (например, анионов сульфатов, анионов нитратов, катионов кальция или катионов магния), концентрации отдельных ионов по типам ионов (например, одновалентных катионов, одновалентных анионов, многовалентных анионов, многовалентных катионов, или двухвалентных катионов), отношений по типам отдельных ионов, или отношений отдельных ионов (например, относительный показатель адсорбции натрия) или любой их комбинации.

Составами в пределах рабочего диапазона для некоторой области продуктивного пласта являются составы, по прогнозу обеспечивающие повышенную нефтеотдачу (ПНО) из каждой области продуктивного пласта, при использовании которых исключается, снижается или минимизируется риск ухудшения коллекторских свойств пласта в этой области пласта.

В тех случаях, когда существует риск закисления продуктивного пласта или образования отложений, среди составов в пределах рабочего диапазона для области (т.е. первой, второй или любой дополнительной области(ей)) продуктивного пласта предпочтительно выбираются те, что, согласно прогнозу, также снижают закисление продуктивного пласта или подавляют образование отложений. Специалистам известно, что не все продуктивные пласты подвержены риску закисления или образованию отложений. Так, закисление может происходить, когда пласт заселен сульфатвосстанавливающими бактериями (СВБ), получающими энергию окислением органических соединений при восстановлении сульфата до сероводорода. Отложения могут формироваться, когда реликтовые воды, содержащие большое количество осаждающих катионов-прекурсоров, например катионов бария или стронция, смешиваются с нагнетательной водой с относительно высоким содержанием анионов сульфата, что приводит к осаждению нерастворимых солей сульфатов (минеральные отложения).

Представляется, что каждая область продуктивного пласта может иметь ряд разных рабочих диапазонов, определяемых различными граничными величинами для каждого параметра, где разные рабочие диапазоны уравнивают разные уровни повышенной нефтеотдачи (ПНО) и разные уровни риска ухудшения коллекторских свойств пласта для каждой области продуктивного пласта. Ряд рабочих диапазонов для каждой области продуктивного пласта также может учитывать риск закисления пласта или образования отложений. Ряд разных рабочих диапазонов для составов смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для каждой области (первой, второй и любой дополнительной области(ей)) продуктивного пласта могут быть введены в блок управления.

Для поддержания состава первой, второй и любых дополнительных смешанных слабоминерализованных вод в пределах заданных (заранее установленных) диапазона рабочих режимов для первой, второй и любой дополнительной областей продуктивного пласта, или для поддержания состава единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона для этих областей, количества НФ-пермеата и ОО-пермеата, смешанные для получения смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды, могут быть отрегулированы в реальном времени в ответ на снижение приемистости скважины в одной или более областей продуктивного пласта.

В смесительной системе комплексной системы, предложенной в настоящем изобретении, количество потока НФ-пермеата или ОО-пермеата, имеющегося для смешивания для формирования смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды, может быть быстро изменено (в реальном времени) посредством отведения изменяемых количеств потока НФ-пермеата или потока ОО-пермеата из установки деминерализации, например в акваторию (океан), через "линию сброса" НФ-пермеата или ОО-пермеата, каждая из которых оборудована "разгрузочным клапаном". Разгрузочным клапаном является регулируемый клапан (например, дроссельный клапан) который может быть установлен в разные положения (от полностью закрытого положения до полностью открытого), для регулирования количества НФ-пермеата или ОО-пермеата, отводимого из смесительной системы.

Если отведение излишка НФ-пермеата или излишка ОО-пермеата продолжается длительное время, например часы или дни, то блок управления может выполнять регулировки в установке деминерализации, выводя из эксплуатации один или более НФ модулей из узла НФ или один или более из ОО модулей из узла ОО модулей, сокращая, тем самым, производительность выработки НФ-пермеата или ОО-пермеата соответственно. Если отведение избытка НФ-пермеата или ОО-пермеата продолжается недели или месяцы, НФ элементы одного или более из НФ модулей установки деминерализации, в некоторых случаях, могут быть заменены ОО элементами, или ОО элементы одного или более из ОО модулей могут быть заменены НФ элементами, для увеличения количества ОО-пермеата или НФ-пермеата, производимого установкой деминерализации.

Известно, что двухвалентные катионы могут способствовать стабилизации коллекторской пластовой породы, имеющей тенденцию к выделению мелких частиц, и, тем самым, могут играть роль добавок для стабилизации мелких частиц. Вообще, "мелкие частицы" могут включать частицы глины и частицы кремнезема. В некоторых случаях, установка деминерализации может иметь обводную линию для сильноминерализованной воды, используемой для питания ОО и НФ узлов установки, поскольку эта сильноминерализованная питательная вода, например морская вода (МВ), обычно характеризуется высокой концентрацией двухвалентных катионов. Эта обводная линия используется для передачи подмешиваемого потока сильноминерализованной воды (например, подмешиваемого потока МВ) в смесительную сис-

тому. Соответственно, смесительная система, в некоторых случаях, содержит питательную линию сильноминерализованной воды (например, МВ).

В том случае, если в смесительной системе получают смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду в изменяемом составе, обводная линия для сильноминерализованной питательной воды может быть оборудована регулируемым клапаном (например, дроссельным клапаном), который может быть установлен в разные положения между полностью закрытым положением и полностью открытым положением, тем самым обеспечивая передачу различных количеств сильноминерализованной воды (например, МВ) для смешивания с подмешиваемым потоком ОО-пермеата и подмешиваемым потоком НФ-пермеата (или объединенного подмешиваемым поток ОО/НФ-пермеата) для формирования единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды (вод). При желании, однако, любой излишек высокоминерализованной воды также может быть сброшен из смесительной системы в акваторию через линию сброса сильноминерализованной воды, оборудованной регулируемым клапаном (например, дроссельным клапаном). Использование регулируемого клапана на опциональной обводной линии МВ (или линии сброса МВ, оборудованной регулируемым клапаном) также обеспечивает быструю адаптацию (в реальном времени) ОСТРВ, концентрации одного или более отдельных ионов к составу(ам) смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды.

Если смесительная система производит первую, вторую и, опционально, одну или более дополнительных смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод, обводная линия сильноминерализованной воды может быть оборудована первой и второй ответвленными линиями и, в некоторых случаях, одной или более дополнительными ответвленными линиями, на каждой из которых установлен регулируемый клапан (например, дроссельный клапан) для передачи изменяемых количеств сильноминерализованной воды к точкам слияния для формирования первой, второй и любых дополнительных слабоминерализованных нагнетательных вод.

Блок управления, таким образом, может изменять количество любой сильноминерализованной воды (например, МВ), включенной в смешанный поток(и) слабоминерализованной нагнетаемой воды, в ответ на изменения в приемистости скважин в одной или более из первой, второй или любой дополнительной областях продуктивного пласта, для сдвига состава(ов) смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды в пределы предпочтительного заданного (заранее выбранного) рабочего диапазона(ов) (или предпочтительного перекрывающего диапазона), где меньше риск ухудшения коллекторских свойств пласта. Специалисту должно быть известно, что МВ имеет высокое содержание анионов сульфатов. Соответственно, при смешивании подмешиваемого потока ОО-пермеата и подмешиваемого потока НФ-пермеата с подмешиваемым потоком МВ, необходимо строго контролировать для пласта риск закисления (и образования отложений). Риском закисления нефтеносного пласта и риском образования в нем отложений можно управлять введением в блок управления верхнего предела (граничной величины) для концентрации сульфата в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде, обычно составляющего 100 мг/л; предпочтительно 50 мг/л и, в частности, 40 мг/л.

Смесительная система комплексной системы может, в некоторых случаях, включать резервуар (для хранения концентрата, содержащего водный раствор или суспензию одной или более добавок, стабилизирующих мелкие частицы) и основную питательную линию для передачи концентрата. В том случае, если в смесительной системе получают единую слабоминерализованную нагнетаемую воду, питательная линия концентрата может иметь дроссельный клапан для передачи изменяемых количеств подмешиваемого потока концентрата, содержащего водный раствор или суспензию одной или более добавок для стабилизации мелких частиц, к точке слияния для потока слабоминерализованной нагнетаемой воды. При этом регулируемый клапан может быть установлен в разные положения между полностью закрытым положением и полностью открытым положением, тем самым обеспечивая передачу различных количеств концентрата в точку слияния. В альтернативном случае, основная питательная линия для концентрата может разделяться с формированием первой, второй и, опционально, дополнительных ответвленных питательных линий для концентрата, каждая из которых оборудована регулируемым клапаном (например, дроссельным клапаном), для передачи изменяемых количеств подмешиваемого потока концентрата к точке слияния для формирования первой, второй и, опционально, дополнительных слабоминерализованных вод. При этом контроллер может поддерживать составы первой, второй и любых дополнительных смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод в пределах заданных рабочих диапазонов (или состава единой смешанной слабоминерализованной воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона), дополнительно определенных граничными величинами (верхним и нижним пределами) для концентрации(й) добавки(ок) для стабилизации мелких частиц. Блок управления может осуществлять непрерывный контроль (мониторинг) расхода концентрата в основной питательной линии концентрата или расходов потоков концентрата в ответвленных питательных линиях концентрата в реальном времени, и может производить быстрые регулировки расхода концентрата, используя регулируемый клапан(ы), изменяя, тем самым, концентрацию одной или более стабилизирующих мелкие частицы добавок в составном потоке нагнетаемой воды.

Стабилизирующей мелкие частицы добавкой(ами) может быть неорганическая соль, например соль двухвалентного катиона или соль калия. Предпочтительно солью двухвалентного катиона может быть

соль кальция, например хлорид кальция, бромид кальция или нитрат кальция, предпочтительно хлорид кальция или нитрат кальция. Нитрат кальция может быть также предпочтителен для предотвращения закисления, поскольку нитратный анион может способствовать развитию нитратовосстанавливающих бактерий, которые могут вытеснить сульфатовосстанавливающие бактерии (СВБ) в борьбе за питательные вещества и усвояемый органический углерод. Предпочтительно соль калия выбирают среди хлорида калия, бромида калия и нитрата калия. Преимущество нитрата калия состоит в том, что он также может подавлять закисление.

Блок управления может автоматически регулировать работу смесительной системы и, тем самым, количества потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата (и любого опционального потока сильноминерализованной воды, например МВ, или, в некоторых случаях, потока концентрата стабилизатора мелких частиц), которые включены в смешанный поток(и) слабоминерализованной нагнетаемой воды, в ответ на изменения в приемистости скважин в одной или более из областей продуктивного пласта.

В том случае, если смесительная система вырабатывает единый поток слабоминерализованной нагнетаемой воды, мониторинг расхода и состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды можно проводить в реальном времени для определения эффективности вводимых блоком управления изменений в работе смесительной системы, направленных на поддержание состава единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона. Если же смесительная система вырабатывает первую, вторую и, в некоторых случаях, одну или более дополнительные слабоминерализованные нагнетаемые воды, мониторинг расходов и составов смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод можно проводить в реальном времени для определения эффективности вводимых блоком управления изменений в работе смесительной системы, направленных на поддержание состава первой, второй и любых дополнительных слабоминерализованных вод в пределах первого, второго и любых дополнительных заданных рабочих диапазонов соответственно. При недостаточной эффективности, блок управления может осуществлять дополнительные изменения в работе смесительной системы. Соответственно, блок управления обладает контуром обратной связи для управления смешиванием смешанного потока(ов) слабоминерализованной воды.

Управление в реальном времени количествами ОО-пермеата и НФ-пермеата, используемыми для смешивания, путем изменения количеств ОО-пермеата и НФ-пермеата, отводимых из смесительной системы через линию сброса ОО-пермеата или НФ-пермеата, например, в акваторию (например, океан), обеспечивает надежное регулирование ОСРТВ и/или концентраций одного или более отдельных ионов в пределах рабочего диапазона(ов) для смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды. Таким образом, обеспечивается более быстрое реагирование, чем при попытке изменения расходов питательной воды, подаваемой в узлы ОО и НФ установки деминерализации (из-за мертвых объемов в питающих линиях, ведущих от узлов ОО и НФ к точке(ам) слияния смешанных потоков(а) слабоминерализованной нагнетаемой воды).

Далее, если в качестве подмешиваемого потока используется сильноминерализованная вода (например, МВ) или концентрат стабилизатора мелких частиц, управлением степенью открывания регулируемого (переменного) клапана (например, дроссельного клапана) на обводной линии высокоминерализованной воды или на основной линии концентрата для стабилизации мелких частиц можно регулировать состав единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды так, чтобы он поддерживался в пределах предпочтительного перекрывающего рабочего диапазона, в ответ на изменения приемистости инжекционной скважины(ин), пробуренной в первую, вторую или любую дополнительную область продуктивного пласта.

Таким же образом, управлением степенью открывания регулируемых (изменяемых) клапанов (например, дроссельных клапанов) на ответвленных питательных линиях МВ (и/или управлением степенью открывания регулируемых клапанов (например, дроссельных клапанов) на ответвленных линиях подачи концентрата), можно регулировать составы первой, второй и любой дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод так, чтобы они поддерживались в пределах предпочтительных заданных рабочих диапазонов, в ответ на изменения приемистости нагнетательной скважины(ин), пробуренной в первой, второй или в любой дополнительной областях продуктивного пласта.

Таким образом, можно заметить, что блок управления может изменять работу установки деминерализации в реальном времени посредством регулирования одного или более параметров системы, а именно степени открывания клапана на линии сброса ОО-пермеата, степени открывания клапана на линии сброса НФ-пермеата, степени открывания клапана на опциональной обводной линии сильноминерализованной воды (или степени открывания клапана на одной или более из ответвленных питательных линий сильноминерализованной воды), и степени открывания клапана на опциональной основной линии подачи концентрата стабилизации мелких частиц (или степени открывания клапана на одной или более из ответвленных линий подачи концентрата для стабилизации мелких частиц).

В комплексную систему, предложенную в настоящем изобретении, в частности в смесительную систему, могут быть включены различные зонды (датчики). 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 его проводимости, в то время как концентрации отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов могут быть определены с использованием стеклянных зондов с мембранами, проницаемыми для конкретных отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов. Аналогично, зонды (датчики) могут быть установлены на линиях ОО-пермеата и НФ-пермеата, любой объединенной линии ОО/НФ-пермеата (где объединенный поток ОО-/НФ-пермеата, в некоторых случаях, смешан с МВ или концентратом для стабилизации мелких частиц, для формирования смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды), и опциональной обводной линии сильноминерализованной воды, для получения данных, относящихся к ОСРТВ и ионному составу потока ОО-пермеата, потока НФ-пермеата, опционального потока сильноминерализованной воды (и любого объединенного потока ОО/НФ-пермеата). Датчики расхода могут также устанавливаться на линиях прохождения для определения расходов различных подмешиваемых потоков (потока(ов) ОО-пермеата, потока(ов) НФ-пермеата, опционального потока(ов) сильноминерализованной питательной воды и любого комбинированного потока ОО/НФ-пермеата, и опционального потока концентрата для стабилизации мелких частиц), и для определения расходов ОО-пермеата в линии сброса ОО-пермеата и НФ-пермеата в линии сброса НФ-пермеата.

Соответственно, смесительная система может содержать: а) датчики концентрации ионов для измерения минерализации или общего содержания растворенных твердых веществ (St), концентрации отдельных ионов (Ci) или отдельных ионов по разным типам ионов в подмешиваемом потоке(ах) ОО-пермеата, подмешиваемом потоке(ах) НФ-пермеата, любом объединенном подмешиваемом потоке(ах) ОО/НФ-пермеата, и опциональном подмешиваемом потоке(ах) МВ, опциональном подмешиваемом потоке(ах) концентрата стабилизации мелких частиц, и составном потоке(ах) слабоминерализованной нагнетательной воды. В частности, смесительная система может иметь датчики концентрации ионов для измерения по меньшей мере одной из концентраций:

а) ОСРТВ, анионов хлоридов, анионов бромидов, катионов кальция, катионов магния, катионов калия, анионов нитратов и анионов сульфатов, для подмешиваемого потока(ов) ОО-пермеата, подмешиваемого потока(ов) НФ-пермеата, любого комбинированного подмешиваемого потока(ов) ОО/НФ-пермеата, и, опционально, подмешиваемого потока(ов) сильноминерализованной воды;

б) датчики расхода для измерения одного или более из расходов: подмешиваемого потока(ов) ОО-пермеата, сбросового потока ОО-пермеата, подмешиваемого потока(ов) НФ-пермеата, сбросового потока НФ-пермеата, любого комбинированного подмешиваемого потока(ов) ОО/НФ-пермеата, опционального обводного потока(ов) сильноминерализованной воды, опционального потока(ов) концентрата стабилизатора мелких частиц и смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды.

Датчики концентрации ионов, датчики расхода и любые другие описанные здесь датчики могут связываться с блоком управления с использованием любой техники связи, например прямым электрическим соединением или беспроводным электрическим соединением (например, Wi-Fi, Bluetooth).

Из-за риска ухудшения коллекторских свойств пласта при заводнении слабоминерализованной водой, значение максимально допустимого повышения давления в нагнетательной скважине(ах), пробуренной в первую, вторую и любую дополнительную области продуктивного пласта, может быть введено в блок управления. Если для передачи первой, второй и дополнительной нагнетаемой вод к нагнетательной скважине(ам), пробуренной в первую, вторую и любую дополнительную область продуктивного пласта, используются выделенные нагнетательные линия(и), в блок управления может быть введено максимально допустимое снижение расхода для каждого потока нагнетаемой воды на выходе нагнетательного насоса(ов) на каждой выделенной линии прохождения (превышение которого ведет к неприемлемому снижению приемистости скважины). Как увеличение скважинного давления в нагнетательной скважине, пробуренной в одну из областей продуктивного пласта, так и снижение расхода после нагнетательного насоса(ов) в выделенных линиях прохождения, являются показателями потери приемистости, возникающей из-за ухудшения коллекторских свойств пласта в одной из областей продуктивного пласта.

Давление в нагнетательной скважин(ах) вблизи нефтеносного слоя в каждой области продуктивного пласта (или расход смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды после нагнетательного насоса(ов) в выделенных нагнетательных линиях нагнетательной системы) можно наблюдать в реальном времени. Мониторинг давления в нагнетательной скважине(ах) может проводиться с использованием скважинного измерительного устройства, например датчика давления, соединенного с блоком управления, например волоконно-оптической линией передачи телеметрических данных или любым другим подходящим каналом связи.

Если блок управления определяет падение приемистости нагнетательной скважины(ин), пробуренной в одной или более областях продуктивного пласта, он может выбрать другой рабочий диапазон (или другой перекрывающий рабочий диапазон) для состава смешанного потока(ов) нагнетаемой воды, который, согласно прогнозам, характеризуется меньшим риском ухудшения коллекторских свойств пласта (при поддержании приемлемого уровня повышения нефтеотдачи (ПНО) для области(ей) продуктивного пласта), и может далее скорректировать соотношение компонентов смеси разных подмешиваемых потоков так, чтобы состав смешанной слабоминерализованной воды, нагнетаемой в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в область(и) продуктивного пласта, попадал в этот другой рабочий диапазон(ы) (или другой перекрывающий рабочий диапазон). Блок управления продолжает в реальном времени выполнять

контроль давления в нагнетательной скважине(ах), пробуренной в область(и) продуктивного пласта (или расхода после нагнетательного насоса(ов) для выделенных нагнетательных линий, ведущих к нагнетательной скважине(ам), пробуренной в область(и) продуктивного пласта, где обнаружено падение приемистости) в реальном времени, чтобы определить, как происходит стабилизация давления (или расхода) в ответ на нагнетание смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, состав которой находится в предпочтительном рабочем диапазоне (или предпочтительном перекрывающем рабочем диапазоне). Если этого не происходит, блок управления может осуществить дальнейшие изменения в работе смесительной системы для адаптации состава смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды к другому предпочтительному рабочему диапазону (или предпочтительному перекрывающему рабочему диапазону), для которого, по прогнозу, риск ухудшения коллекторских свойств пласта еще ниже. Это итерационный процесс, который может повторяться многократно. В некоторых случаях, блок управления может принять решение о снижении расхода слабоминерализованной нагнетаемой воды или прекращении нагнетания слабоминерализованной воды в нагнетательную скважину(ы) одной или более областей продуктивного пласта, если давление продолжает нарастать. Затем блок управления может принять решение о нагнетании стабилизирующего мелкие частицы состава (например, неразбавленного концентрата для стабилизации мелких частиц) в нефтеносный слой(и) области(ей) продуктивного пласта, где имеется спад приемистости, на срок в несколько дней, перед возобновлением заводнения слабоминерализованной водой.

Как правило, в блок управления вводятся корреляции между соотношениями составляющих смеси различных подмешиваемых потоков и составами первого, второго и любого дополнительного смешанных потоков слабоминерализованной нагнетаемой воды или состава потока единой нагнетаемой воды (например, корреляции между соотношениями составляющих смеси различных подмешиваемых потоков и одного или более из параметров: ОСРТВ, осмотического потенциала, концентрации отдельных ионов, концентрации отдельных ионов по типам ионов, соотношения отдельных ионов и соотношения отдельных ионов по типам ионов в составном потоке слабоминерализованной нагнетаемой воды). Эти корреляции могут быть основаны на допущении, что составы НФ-пермеата, ОО-пермеата и опционального подмешиваемого потока сильноминерализованной воды (например, МВ) остаются, в основном, постоянными (в пределах заданных допусков) в ходе работы установки деминерализации. Составляющие смешивания различных подмешиваемых потоков зависят от расходов различных подмешиваемых потоков, подводимых в точку(и) слияния смесительной системы, для формирования первого, второго и дополнительных смешанных потоков слабоминерализованной нагнетаемой воды или единого потока слабоминерализованной воды.

В блок управления также могут вводиться корреляции между степенью открывания разгрузочного клапана НФ, степенью открывания разгрузочного клапана ОО, степенью открывания регулируемого клапана(ов) на опциональной основной питательной линии сильноминерализованной воды или ответвленных линиях сильноминерализованной воды, и степенью открывания регулируемого клапана(ов) на опциональной основной линии подачи концентрата стабилизатора мелких частиц или ответвленных линиях подачи концентрата стабилизатора мелких частиц, с одной стороны, и расходами подмешиваемых потоков НФ-пермеата, ОО-пермеата, опциональной сильноминерализованной воды и опционального концентрата стабилизатора мелких частиц. При этом блок управления может управлять соотношениями компонентов смеси и, тем самым, составом единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды или первым, вторым или дополнительными составными потоками слабоминерализованной нагнетаемой воды, посредством изменения степени открывания одного или более упомянутых выше регулируемых клапанов, для получения составов единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды или первой, второй и дополнительных смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод, соответствующих заданному (выбранному или заранее определенному) рабочему диапазону, перекрывающему рабочие диапазоны для первой, второй и любой дополнительной областей продуктивного пласта. В результате, расходы различных подмешиваемых потоков, предназначенных для передачи в точку(и) смешивания, могут регулироваться в реальном времени, обеспечивая, тем самым, нахождение состава единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона, или нахождение составов первой, второй и любой дополнительной слабоминерализованной вод в пределах заданных рабочих диапазонов для первой, второй и любых дополнительных областей продуктивного пласта.

Как правило, граничные величины для ОСРТВ смешанного потока(ов) слабоминерализованной нагнетаемой воды могут находиться в интервале от 200 до 10000 мг/л, предпочтительно от 500 до 10000 мг/л. Обычно более низкие значения интервала для ОСРТВ обеспечивают более высокую ПНО, в то время как более высокие значения интервала для ОСРТВ снижают риск ухудшения коллекторских свойств пласта, особенно в нефтеносных пластах, имеющих породу с большим содержанием разбухающих глин и/или мигрирующих мелких частиц, например частиц глин или кремнезема. Альтернативные граничные величины для ОСРТВ могут находиться, например, 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 управления может управлять составами первой, второй и любых дополнительных смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для первой, второй и

любых дополнительных областей продуктивного пласта так, чтобы поддерживать его в выбранном интервале граничных величин для ОСРТВ.

Если существует риск закисления или риск образования отложений в продуктивном пласте, блок управления регулирует содержание анионов сульфатов в первой, второй и любой дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых водах для первой, второй и дополнительных областей продуктивного пласта (или концентрацию анионов сульфатов в единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде) на уровне менее 100 мг/л; предпочтительно менее 50 мг/л и наиболее предпочтительно менее 40 мг/л.

Обычно блок управления поддерживает общую концентрацию многовалентных катионов в первой, второй и любых дополнительных смешанных нагнетаемых водах для первой, второй и любой дополнительной области продуктивного пласта (или концентрацию многовалентных катионов в единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде) в пределах интервала от 1 до 250 мг/л, предпочтительно от 3 до 150 мг/л и, в частности, от 50 до 150 мг/л, при условии, что отношение содержания многовалентных катионов в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) и содержания многовалентных катионов в реликтовой воде, находящейся в поровом пространстве коллекторской пластовой породы в каждой области продуктивного пласта, составляет менее 1. Обычно блок управления поддерживает концентрацию катионов кальция первой, второй и любой дополнительной смешанных нагнетаемых водах для первой, второй и любой дополнительной области продуктивного пласта (или концентрацию катионов кальция единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды) в пределах интервала от 1 до 200 мг/л, предпочтительно от 5 до 150 мг/л и, в частности, от 50 до 150 мг/л, при условии, что отношение содержания катионов кальция в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) и содержания катионов кальция в реликтовой воде, находящейся в поровом пространстве коллекторской пластовой породы в каждой области продуктивного пласта, составляет менее 1.

Обычно блок управления поддерживает концентрацию катионов магния в первой, второй и любой дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых водах для первой, второй и любой дополнительной области продуктивного пласта (или концентрацию многовалентных катионов в единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде) в пределах интервала от 2 до 400 мг/л, предпочтительно от 10 до 300 мг/л и, в частности, от 100 до 300 мг/л, при условии, что отношение содержания катионов магния в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) и содержания катионов магния в реликтовой воде, находящейся в поровом пространстве каждой области продуктивного пласта, составляет менее 1.

Обычно блок управления поддерживает концентрацию катионов калия в первой, второй и любой дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых водах для первой, второй и любой дополнительной области продуктивного пласта (или концентрацию многовалентных катионов в единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде) в пределах интервала от 10 до 2000 мг/л и, в частности, от 250 до 1000 мг/л, при условии, что ОСРТВ в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде(ах) остается в пределах граничных величин для установленного рабочего диапазона.

В альтернативном случае блок управления может поддерживать состав единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах выбранного интервала, заданного граничными величинами для ОСРТВ (и в пределах выбранных интервалов, заданных граничными величинами для содержания многовалентных катионов, содержания катионов кальция, содержания катионов магния и содержания катионов калия) для области перекрытия граничных величин для ОСРТВ (и для области перекрытия граничных величин для содержания многовалентных катионов, содержания катионов кальция, содержания катионов магния и содержания катионов калия) для первой, второй и любой дополнительной областей продуктивного пласта.

Граничные величины для ОСРТВ и концентраций отдельных ионов и концентрации любых стабилизирующих мелкие частицы добавок для первой, второй и любой дополнительной смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды могут изменяться в зависимости от реакции повышения нефтеотдачи (ПНО) на низкую минерализацию для каждой области нефтеносного пласта и состава породы нефтеносного слоя(ев) каждой области продуктивного пласта и, в частности, от содержания поддающихся разбуханию и миграции глин и минералов, имеющих отношение к ухудшению коллекторских свойств пласта.

Эти граничные величины могли быть определены анализом образцов коллекторской пластовой породы, взятых из каждой области нефтеносного слоя продуктивного пласта. Образцами коллекторской пластовой породы могут быть, например, осколки породы или керн, отбираемый из стенки ствола скважины. В альтернативном случае, анализ коллекторской 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 общего содержания аргиллита в коллекторской пластовой породе, окружающей ствол(ы) скважины в первой, второй и любых других областях продуктивного пласта. Общее содержание аргиллита в коллекторской пластовой породе для первой, второй и любой дополнительной области продуктивного пласта может быть определено геофизическим каротажем, рентгеновской дифракцией (РД), сканирующей электронной микроскопией (СЭМ), сцинтилляционным счетчиком

в ИК диапазоне или ситовым анализом. Общее содержание аргиллита в коллекторской 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, монтмориллонит), пиррофиллитовых глин, каолининовых глин, иллитовых глин, хлоритовых глин и глауконитовых глин, и может быть выполнен методом рентгеновской дифракции (РД) или сканирующей электронной микроскопией (СЭМ). Оптимальная минерализация (и составы) для смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для каждой области продуктивного пласта может быть определена установлением связи ухудшения коллекторских свойств пласта, возникающего при разных граничных величинах минерализации (и различных концентрациях отдельных ионов и отдельных ионов по типам ионов) нагнетаемой воды для ряда различных образцов породы с разным содержанием глин и разным составом глин, и выбором граничных величин для минерализации (или состава) 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 варианте могут быть выполнены эксперименты на образцах породы, взятых из областей продуктивного пласта, где были пробурены нагнетательные скважины, с использованием других граничных величин для минерализации и состава (концентраций отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов) для смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, для определения оптимального диапазона для минерализации и состава нагнетательной воды, подлежащей нагнетанию в каждую область продуктивного пласта в ходе заводнения слабоминерализованной водой.

Как правило, приемистость скважины для первой, второй и любой дополнительной смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод (или единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды) ограничена производительностью установки деминерализации. Соответственно, заводнение слабоминерализованной водой может предусматривать нагнетание пробки низкого порового объема (ПО) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в нефтеносный слой 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), желательно, чтобы поровый объем смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды составлял менее 1, более предпочтительно был менее или равен 0,9 ПО, наиболее предпочтительно менее или равен 0,7 ПО, в частности менее или равен 0,6 ПО, например менее или равен 0,5 ПО.

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

Предпочтительно вытесняющей водой является подтоварная вода или смесь морской воды и подтоварной воды, в зависимости от количества подтоварной воды, отделенной на промысловом оборудовании от добытых текучих сред. Использование подтоварной воды в качестве вытесняющей воды предпочтительно в связи с ограничениями на утилизацию подтоварной воды в морскую акваторию. Соответственно, после закачивания пробки слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ы), пробуренную в область продуктивного пласта, нагнетательная скважина(ы) может быть использована в качестве утилизационной скважины подтоварной воды.

Подробное описание осуществления изобретения Далее изобретение будет рассмотрено со ссылкой на фиг. 1 и 2 На фиг. 1 показана комплексная система для получения смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для продуктивного пласта, имеющего нефтеносный слой с первой областью 56 и второй областью 56', обладающими разными свойствами породы. В первую область 56 и вторую область 56' пробурено по меньшей мере по одной нагнетательной скважине 20 и 20' соответственно и по меньшей мере по одной эксплуатационной скважине 21 и 21' соответственно. Комплексная система включает: установку деминерализации, содержащую мембранный блок 1 для обработки питательной воды 2 (обычно морской воды); смесительную систему, содержащую различные линии прохождения, для формирования смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды различного состава, в некоторых случаях, резервуар 50 для концентрата и насос 25 для стабилизирующего мелкие частицы концентрата; и блок 52 управления для управления работой установки деминерализации и для управления смешиванием потока слабоминерализованной нагнетаемой воды в смесительной системе. Комплексная система также включает нагнетательную систему, содержащую один или более нагнетательных насосов 24 и нагнетательных линий 58 и 58' для нагнетательных скважин 20 и 20', и промысловое оборудование 54, соединенное тру-

бopпроводами с выкидными линиями 28 и 28' эксплуатационных скважин 21 и 21'.

Мембранный блок 1 имеет подающий насос 3, узел 4 ОО и узел 5 НФ (каждый узел может быть как одноступенчатым узлом, так и многоступенчатым). Как узел ОО, так и узел НФ могут иметь одну питательную воду (например, морскую воду), как это показано на фиг. 1. Однако также предполагается, что ОО концентрат (также называемый в технике "ретентатом") из первой ступени ОО может быть разделен для формирования питающего потока для второй ступени ОО и для узла НФ.

Узел 4 ОО содержит несколько модулей ОО. Узел 5 НФ содержит несколько модулей НФ. Обычно количество модулей узла ОО и количество модулей узла НФ выбирается так, чтобы соответствовать требуемому объему выработки ОО-пермеата и НФ-пермеата для смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды при заводнении слабоминерализованной водой. Установка деминерализации также может быть оснащена обводной линией 6 для питательной воды 2 (например, морской воды).

Комплексная система содержит клапаны V1-V8 и различные линии прохождения (патрубки), формирующие пути прохождения потока, описанные ниже. Клапанами V1-V8 могут быть дроссельные клапаны, а степень открывания дроссельных клапанов может устанавливаться блоком управления (т.е. полностью открытое положение, полностью закрытое положение, или различные промежуточные положения). Соответственно, блок 52 управления может управлять потоками и давлениями через мембранный блок, управляя подающим насосом 3, клапанами V1-V5 или любой их комбинацией (для простоты представления, на фиг. 1 не показаны электрические соединения между блоком 52 управления, подающим насосом 3, и клапанами V1-V5. В некоторых вариантах выполнения, связь между блоком 52 управления и подающим насосом 3 и клапанами V1-V5 может осуществляться беспроводными средствами связи, например, Wi-Fi или Bluetooth).

Датчики Q1-Q10 расхода используются для определения расхода в различных линиях прохождения комплексной системы. Данные расхода могут быть направлены от датчиков Q1-Q10 расхода в блок 52 управления по линиям передачи электрических сигналов (пунктирные линии на фиг. 1) или по беспроводным каналам связи, например Wi-Fi или Bluetooth. В некоторых случаях, датчики Q1 и Q2 на линиях 8 и 7 для концентрата ОО и концентрата НФ, соответственно, могут не использоваться.

Кроме того, используются датчики S1-S7 для определения общего содержания растворенных ионов (ОСРТВ) и/или концентрации отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов (например, многовалентных катионов или двухвалентных катионов) в различных линиях прохождения. Данные о концентрации ионов также направляются от датчиков S1-S7 концентрации ионов к блоку 52 управления по линиям передачи электрических сигналов (пунктирные линии, показанные на фиг. 1) или по беспроводным каналам связи, например Wi-Fi или Bluetooth. В некоторых случаях, датчики S4 и S6 на линиях 7 и 8 для концентрата НФ и концентрата ОО, соответственно, могут не использоваться. Датчик S6 на опциональной линии 26 прохождения концентрата стабилизатора мелких частиц также может быть исключен, если концентрация этой добавки в резервуаре с концентратом была ранее измерена и остается неизменной во времени (в этом случае, измеренная концентрация добавки в концентрате может быть введена в блок 52 управления). Также предполагается, что датчики S1, S2 и S3 на опциональной обводной линии 6 для морской воды, на питательной линии 9 ОО-пермеата, и питательной линии 13 НФ-пермеата, соответственно, могут не использоваться, когда можно прогнозировать, что составы МВ, ОО-пермеата и НФ-пермеата останутся в основном постоянными во время процесса.

В показанной на фиг. 1 схеме подающий насос 3 накачивает питательную воду 2 в узел 4 ОО, в котором питательная вода разделяется на ОО-пермеат (протекающий по питательной линии 9 ОО-пермеата) и ОО-концентрат (протекающий по питательной линии 8 ОО-концентрата), и в узел 5 НФ, в котором питательная вода разделяется на НФ-пермеат (протекающий по питательной линии 13 НФ-пермеата) и НФ-концентрат (протекающий по питательной линии 7 НФ-концентрата). Давление питательной воды на узлы ОО и НФ может регулироваться (например, с использованием подпорного насоса для входящего ОО потока, или клапана снижения давления для входящего НФ потока) для согласования рабочих давлений ОО модулей ОО узла 4 и НФ модулей НФ узла 5 (модули НФ обычно работают при более низких давлениях, чем модули ОО). В некоторых случаях, подающий насос 3 закачивает в смесительную систему часть питательной воды (например, МВ) через обводную линию 6. Клапаны V1 и V2, по меньшей мере, частично открыты для отведения, соответственно, ОО концентрата и НФ концентрата из установки деминерализации. Обычно отведенные потоки ОО-концентрата и НФ-концентрата сливаются в акваторию (например, морскую) по линиям 8 и 7 соответственно. НФ-пермеат может быть далее закачан в ОО-пермеат в смесительной системе, для формирования объединенного потока ОО/НФ-пермеата, протекающего по линии 16. В некоторых случаях, объединенный поток ОО/НФ-пермеата также включает МВ и/или концентрат стабилизатора мелких частиц (добавляется по питательным линиям 6 и/или 26 соответственно).

Текущие среды, добываемые из эксплуатационных скважин 21 и 21', проходят в промысловое оборудование 54 по выкидным линиям 28 и 28', которые могут опционально соединяться с основной продуктовой линией (не показана). Добываемые текущие среды разделяются в промысловом оборудовании 54 на поток нефти, поток газов и подмешиваемый поток подтоварной воды (ПВ).

Как показано выше, граничные величины и предпочтительные граничные величины для состава

смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды (например, граничные величины и предпочтительные граничные величины для ОСРТВ, концентраций одного или более отдельных ионов, концентрации отдельных ионов по типам ионов, соотношения концентраций отдельных ионов, соотношения концентраций отдельных ионов по типам ионов или концентраций одной или более добавок для стабилизации мелких частиц в смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде) вводятся в блок управления, определяя, тем самым, рабочие диапазоны и один или более предпочтительных рабочих диапазонов для составов смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для достижения ПНО для первой или второй областей нефтеносного слоя 23 продуктивного пласта, обеспечивая при этом защиту в отношении риска ухудшения коллекторских свойств пласта в первой и второй областях нефтеносного слоя 23 на разных, соответствующих этим областям, уровнях. При наличии риска закисления или образования отложений в продуктивном пласте, рабочие диапазоны и предпочтительные рабочие диапазоны для составов смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды также снижают риск закисления и образования отложений в продуктивном пласте. Рабочие диапазоны и предпочтительные рабочие диапазоны для составов смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды для первой и второй областей продуктивного пласта независимы друг от друга, поскольку риск ухудшения коллекторских свойств определяется различными составами коллекторской пластовой породы в первой и второй областях продуктивного пласта.

Как правило, различные составы для смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды (ОСРТВ, концентраций одного или более отдельных ионов, концентрации отдельных ионов по типам ионов, соотношения концентраций отдельных ионов, соотношения концентраций отдельных ионов по типам ионов или концентрации одной или более добавок для стабилизации мелких частиц) коррелированы с различными соотношениями компонентов в смеси в объединенном потоке ОО/НФ-пермеата. Различные составы также коррелированы с различными составами для объединенного потока ОО/НФ-пермеата (включая составы для объединенного потока ОО/НФ-пермеата, включающего МВ и одну или более добавку стабилизатора мелких частиц). Эти корреляции могут быть введены в блок управления, благодаря чему блок управления может управлять работой установки деминерализации для изменения соотношения компонентов смеси потоков НФ- и ОО-пермеата для объединенного потока ОО/НФ-пермеата и количества опциональной МВ или концентрата для стабилизации мелких частиц, введенных в объединенный поток ОО/НФ-пермеата, для получения составов смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, соответствующих требованиям рабочего диапазона, или требованиям предпочтительно-го рабочего диапазона для первой или второй областей продуктивного пласта.

Система по п.1 может быть использована для нагнетания слабоминерализованной нагнетаемой воды последовательно в нагнетательные скважины 20 и 20' соответственно (в любом порядке). При этом, система на фиг. 1 может быть использована для формирования смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды для нагнетания в нагнетательную скважину 20, имеющей состав в пределах диапазона рабочих режимов для первой области продуктивного пласта. Соответственно, клапан V7 на нагнетательной линии 60 открыт, а клапан V7' на нагнетательной линии 60' закрыт. После нагнетания пробки первой слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину 20, система, показанная на фиг. 2, может быть использована для формирования смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды, имеющей состав в соответствии с диапазоном рабочих режимов для второй области продуктивного пласта, и для нагнетания пробки второй слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину 20'.

Блок управления может осуществлять мониторинг показаний датчиков 23 (или 23') давления, отслеживая любое увеличение давления в нагнетательных скважинах 20 (или 20'), вблизи нефтеносного интервала 22 в первой области 56 (или второй области 56') продуктивного пласта. В альтернативном случае, или дополнительно, блок управления может наблюдать за показаниями датчика Q9 расхода, расположенного после нагнетательного насоса(ов) 24, отслеживая любое снижение расхода. Как увеличение давления в нагнетательной скважине, так и снижение расхода на выходе нагнетательного насоса(ов) 24, может быть свидетельством неприемлемого падения приемистости скважины из-за ухудшения коллекторских свойств пласта. Величины максимально допустимого увеличения давления в нагнетательной скважине 20 (или 20') и/или величины максимально допустимого снижения расхода в нагнетательной линии 60 (или 60') могут быть введены в блок управления (где эти величины сопоставлены с допустимым снижением приемистости скважины). Если давление в нагнетательной скважине 20 (или 20') вблизи нефтеносного интервала вырастает до величины, приближающейся к максимально допустимому увеличению давления или достигает его, или расход после нагнетательного насоса(ов) в нагнетательной линии 60 (или 60') падает до величины, приближающейся к максимально допустимому снижению расхода или достигает его, блок управления может выбрать предпочтительный рабочий диапазон для состава смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды, который, согласно прогнозу, снижает риск ухудшения коллекторских свойств пласта в первой области (или второй области) нефтеносного слоя 22 продуктивного пласта. Например, предпочтительные рабочие диапазоны для составов смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды могут быть определены одним или более из параметров: верхними граничными величинами для ОСРТВ; верхними граничными величинами для содержания двухвалентных

катионов (в частности, содержания катионов кальция); или верхними граничными величинами для одной или более добавок для стабилизации мелких частиц. Блок управления может при этом управлять работой установки деминерализации, регулируя состав объединенного потока 16 ОО/НФ-пермеата так, чтобы смешанная слабоминерализованная вода имела состав в пределах предпочтительного рабочего диапазона для первой (или второй) области нефтеносного слоя продуктивного пласта. Например, блок управления может достичь этого, направляя команды: на увеличение количества ОО-пермеата, отводимого через линию 11 сброса ОО-пермеата посредством увеличения степени открывания дроссельного клапана V4; на увеличение содержания двухвалентных катионов в составном потоке слабоминерализованной нагнетаемой воды посредством увеличения количества MB, смешанной с объединенным потоком ОО/НФ-пермеата, путем увеличения степени открывания дроссельного клапана V5; или на увеличение количества концентрата для стабилизации мелких частиц в составном потоке 18 слабоминерализованной воды посредством увеличения степени открывания дроссельного клапана V6. Блок управления может отслеживать влияние изменений в работе установки деминерализации на расход или состав потока 18 слабоминерализованной нагнетаемой воды (используя датчик Q9 расхода или датчик S7 соответственно) для определения того, насколько регулировки работы установки повлияли на соответствие расхода и состава смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды предпочтительному рабочему диапазону для первой (или второй) области продуктивного пласта и, при необходимости, может произвести дальнейшие регулировки работы установки деминерализации для получения составов, попадающих в более предпочтительный рабочий диапазон, обеспечивающих дополнительные гарантии от риска ухудшения коллекторских свойств пласта. Таким образом, система на фиг. 1 имеет блок управления с контуром обратной связи, обеспечивающий вырабатывание в системе смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды, состав которой обеспечивает предотвращение или снижение риска ухудшения коллекторских свойств пласта в первой (или второй) области нефтеносного слоя продуктивного пласта.

После осуществления нагнетания низкого порового объема смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину 20 (или нагнетательную скважину 20'), вытесняющая водная текучая среда, например подтоварная вода (ПВ) или смесь MB и ПВ, нагнетается в нагнетательную скважину 20 (или 20') по линии 60 (или 60') для продвижения пробки малого порового объема, а значит, и отсоединенной нефтяной зоны, к эксплуатационной скважине 21 (или 21').

Система по п.1 также может быть использована для получения потока слабоминерализованной нагнетаемой воды, которая одновременно нагнетается в нагнетательные скважины 20 и 20'. При этом оба клапана V7 и V8 находятся в открытом положении. В таком состоянии, блок управления определяет перекрывающий диапазон рабочих режимов для состава слабоминерализованной нагнетаемой воды, определяемый граничными величинами для области перекрытия между рабочими диапазонами, определенными для составов слабоминерализованных нагнетаемых вод для первой и второй областей продуктивного пласта. Блок управления также определяет один или более предпочтительных перекрывающих диапазонов рабочих режимов для состава слабоминерализованной нагнетаемой воды, при которых достигается ПНО от первой и второй областей продуктивного пласта, при одновременном обеспечении одного или более повышенных уровней гарантий от риска ухудшения коллекторских свойств пласта в первой и второй областях нефтеносного слоя 23. Предпочтительный перекрывающий диапазон(ы) рабочих режимов для состава слабоминерализованной нагнетаемой воды определен граничными величинами для области перекрытия между предпочтительными рабочими диапазонами для составов слабоминерализованных нагнетаемых вод для первой и второй областей продуктивного пласта. Блок управления может наблюдать за показаниями датчиков 23 и 23' давления, отслеживая любые повышения давления в нагнетательных скважинах 20 и 20', прилегающих к нефтеносному интервалу 22 в первой области 56 и второй области 56' продуктивного пласта. В альтернативном случае, или дополнительно, блок управления может наблюдать за показаниями датчика Q9 расхода, расположенного на основной нагнетательной линии 59 на выходе нагнетательного насоса(ов) 24, отслеживая любое снижение расхода. Увеличение давления в какой-либо из нагнетательных скважин 20 и 20', или падение расхода в основной нагнетательной линии может быть свидетельством неприемлемого падения приемистости скважины из-за ухудшения коллекторских свойств пласта. Величины максимально допустимого увеличения давления в нагнетательных скважинах 20 и 20' и/или максимально допустимого падения расхода в основной нагнетательной линии 59 могут быть введены в блок управления (где эти величины сопоставляются с допустимым снижением приемистости скважины). Если давление в нагнетательной скважине 20 и/или 20' вблизи нефтеносного интервала увеличивается до величины, приближающейся к максимально допустимому увеличению давления или достигающей ее, или расход в основной нагнетательной линии после нагнетательного насоса(ов) падает до величины, приближающейся к максимально допустимому падению расхода или достигающей ее, блок управления может выбрать предпочтительный перекрывающий рабочий диапазон для состава смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды, который, согласно прогнозу, снизит риск ухудшения коллекторских свойств пласта в первой или второй областях нефтеносного слоя 22 продуктивного пласта. Например, предпочтительные перекрывающие рабочие диапазоны для составов смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды могут быть определены одним или более из условий: более высокими граничными величинами для ОСРТВ; или более высокими

граничными величинами для содержания двухвалентных катионов (в частности, содержания катионов кальция); или более высокими величинами для одной или более добавок для стабилизации мелких частиц. Далее, блок управления может управлять работой установки деминерализации для регулирования состава объединенного потока 16 ОО/НФ-пермеата так, чтобы состав смешанной слабоминерализованной воды попадал в предпочтительный перекрывающий рабочий диапазон. Это может быть достигнуто описанной выше процедурой. Аналогично, блок управления может отслеживать влияние изменения в работе установки деминерализации на расход или состав потока 18 слабоминерализованной воды (используя датчик Q9 расхода и датчик S7 соответственно) для определения того, удалось ли в результате изменений в работе установки ввести расход и составы смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределы предпочтительного перекрывающего рабочего диапазона, и для определения, не произошло ли стабилизации снижения приемистости скважины, и, при необходимости, может провести дополнительные изменения в работе установки для введения составов в пределы более предпочтительного перекрывающего рабочего диапазона, обеспечивающего более надежные гарантии от риска ухудшения коллекторских свойств пласта в первой и второй областях продуктивного пласта.

На фиг. 2 представлена модифицированная комплексная система, обеспечивающая одновременное нагнетание первого потока слабоминерализованной нагнетаемой воды в первую область продуктивного пласта и второго потока слабоминерализованной нагнетаемой воды во вторую область продуктивного пласта, причем составы первой и второй слабоминерализованных вод различаются (т.е. определяются различными рабочими диапазонами) Комплексная система, показанная на фиг. 2, отличается от комплексной системы, показанной на фиг. 1 тем, что смесительная система имеет разные линии прохождения для формирования первого и второго объединенного потока ОО/НФ-пермеата, протекающего по линиям 16 и 16'; опциональный резервуар 50 для концентрата стабилизации мелких частиц, имеющий основную линию 51 для концентрата, оборудованную насосом и ответвленными линиями 26 и 26' для концентрата, на каждой из которых имеется, соответственно, регулируемый расходный клапан V8 и V8', и которая может, опционально, передавать концентрат для стабилизации частиц в первый и второй объединенные потоки ОО/НФ-пермеата соответственно; опциональная обводная линия для морской воды (МВ), имеющая ответвленные линии 6 и 6', каждая из которых, соответственно, оборудована регулируемым расходным клапаном V5 и V5', которая может в некоторых случаях передавать МВ в первый и второй объединенные потоки ОО/НФ-пермеата; нагнетательная система для нагнетательных скважин 20 и 20', причем нагнетательная система имеет первую и вторую выделенные нагнетательные линии 18, 18' для передачи первого и второго смешанных потоков слабоминерализованной воды к нагнетательным скважинам 20 и 20' соответственно, а каждая из первой и второй нагнетательных линий 18 и 18' имеет один или более нагнетательных насосов 24 и 24' соответственно; и блок управления для управления работой установки деминерализации и смешивания первой и второй слабоминерализованных нагнетаемых вод в смесительной системе. Система также содержит эксплуатационное оборудование, гидравлически связанное с первой и второй выкидными линиями 28, 28' эксплуатационных скважин 21, 21'.

Комплексная система, показанная на фиг. 2, имеет клапаны V1-V8 и V5'-V8' и разные линии прохождения (трубопроводы), выполненные с возможностью формирования путей прохождения, описанных выше. Клапанами V1-V8 и V5'-V8' могут быть дроссельные клапаны, а степень их открывания может устанавливаться блоком управления (т.е. полностью открытое, полностью закрытое положения и различные промежуточные положения). Соответственно, блок управления может управлять потоками и давлениями в мембранном блоке, управляя подающим насосом 3, клапанами V1-V4, клапанами V5 и V5', клапанами V6 и V6' и клапанами V7 и V7', или любой их комбинацией.

Датчики Q1-Q9 и Q5'-Q9' расхода используются для определения расходов в различных линиях прохождения комплексной системы. Данные расхода могут направляться от датчиков Q1-Q9 и Q5'-Q9' расхода в блок управления по линиям передачи электрических сигналов (пунктирные линии на фиг. 1) или по беспроводным каналам связи, например Wi-Fi или Bluetooth. В некоторых случаях датчики Q1 и Q2 расхода на линиях 8 и 7 передачи ОО-концентрата и НФ-концентрата, соответственно, могут не использоваться.

Для определения общей концентрации растворенных ионов (ОСРТВ) и/или концентрации отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов (например, многовалентных катионов или двухвалентных катионов) также используются датчики концентрации ионов в дренажных потоках НФ-концентрата и ОО-концентрата (датчики S4 и S5), в различных подмешиваемых потоках (датчики S1, S2, S3 и S6) и в первом и втором составных потоках слабоминерализованной нагнетаемой воды (датчики S7 и S7') соответственно. Данные концентрации ионов также направляются в блок управления по линиям передачи электрических сигналов) или по беспроводным каналам связи, например Wi-Fi или Bluetooth. В некоторых случаях, датчики S4 и S6 на линиях 7 и 8 передачи НФ-концентрата и ОО-концентрата, соответственно, могут не использоваться. Датчик S6 на опциональной питательной линии 26 концентрата стабилизатора мелких частиц также может не использоваться, если концентрация добавки в резервуаре с концентратом была ранее измерена и остается неизменной во времени (в этом случае, измеренная концентрация добавки в концентрате может быть введена в блок управления). Также представляется, что датчики S1, S2 и S3 на опциональной обводной линии 6 для морской воды, на ответвленной питательной линии 9

ОО-пермеата, и на ответвленной питательной линии 13 НФ-пермеата, соответственно, могут быть исключены, когда составы МВ, ОО-пермеата и НФ-пермеата предсказуемо остаются в основном постоянными во времени.

В представленной на фиг. 2 системе, питательная линия 9 ОО-пермеата разделяется с образованием первой и второй ответвленных питательных линий 9' и 9'' ОО-пермеата. Аналогично, питательная линия 13 НФ-пермеата разделяется с образованием первой и второй ответвленных питательных линий 13' и 13'' НФ-пермеата. НФ-пермеат, протекающий по первой ответвленной питательной линии 13' НФ-пермеата, может далее нагнетаться в ОО-пермеат, протекающий по первой ответвленной питательной линии 9' ОО-пермеата, с образованием первого объединенного потока ОО/НФ-пермеата, протекающего по линии 16'. Аналогично, НФ-пермеат, протекающий по второй ответвленной питательной линии 13'' НФ-пермеата, может далее нагнетаться в ОО-пермеат, протекающий по второй ответвленной питательной линии 9'' ОО-пермеата, с образованием второго объединенного потока ОО/НФ-пермеата, протекающего по линии 16''. В некоторых случаях, в первый объединенный поток ОО/НФ-пермеата, протекающий по линии 16', и второй объединенный поток ОО/НФ-пермеата, протекающий по линии 16'', добавляется МВ и/или концентрат стабилизации мелких частиц по линиям 6, 6' и/или 26, 26' соответственно. Получившиеся первая и вторая смешанные слабоминерализованные нагнетаемые воды далее нагнетаются в нагнетательные скважины 20, 20', пробуренные, соответственно, в первую и вторую области нефтеносного слоя продуктивного пласта, по нагнетательным линиям 18, 18' соответственно. Представляется, однако, что НФ-пермеат, ОО-пермеат, опциональная морская вода и опциональный концентрат стабилизации мелких частиц, использованные для формирования первой и второй слабоминерализованных нагнетаемых вод, могут быть объединены в любом порядке, включая и в едином месте слияния для каждой из первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод.

Как было показано выше, граничные величины для составов первой и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды вводятся в блок управления, определяя, тем самым, рабочие диапазоны для первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод, которые обеспечивают достижение ПНО для первой и второй областей нефтеносного слоя 23 продуктивного пласта, при одновременном снижении риска ухудшения коллекторских свойств пласта.

Блок управления может управлять работой установки деминерализации для изменения соотношения компонентов смеси потоков ОО-пермеата и НФ-пермеата для первого и второго объединенных потоков НФ/ОО-пермеата и количеств опциональной МВ или концентрата стабилизатора мелких частиц, примешанных в первый и второй объединенные потоки ОО/НФ-пермеата, для получения, соответственно, составов для первой и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, соответствующих рабочим диапазонам для первой и второй областей нефтеносного слоя продуктивного пласта.

Предпочтительные граничные величины могут быть введены в блок управления, где эти предпочтительные граничные величины определяют предпочтительные рабочие диапазоны (второй, третий и т.д. рабочие диапазоны) для составов каждой из первой и второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод, которые могут обеспечить дальнейшее снижение риска ухудшения коллекторских свойств пласта в первой и второй областях продуктивного пласта, при сохранении приемлемой повышенной нефтеотдачи (ПНО) из первой и второй областей продуктивного пласта.

Соответственно, блок управления может проводить мониторинг датчиков 23 и 23' давления, отслеживая любое увеличение давления в нагнетательных скважинах 20, 20' вблизи нефтеносных интервалов 22, 22', или мониторинг датчиков Q9 и Q9' потока, расположенных после нагнетательного насоса(ов) 24, 24' выделенных нагнетательных линий 18, 18' нагнетательной системы, отслеживая любое снижение расхода (оба параметра могут свидетельствовать о неприемлемом снижении приемистости скважины из-за ухудшения коллекторских свойств пласта). Величины максимально допустимого увеличения давления в инъекционных скважинах 20, 20' и/или максимально допустимого снижения расхода в выделенных нагнетательных линиях 18, 18' могут быть введены в блок управления (где эти величины соотносятся с приемлемым снижением приемистости скважины). Если давление в инъекционной скважине 20 и/или 20' вблизи нефтеносного интервала возрастает до величины, приближающейся к максимально допустимому увеличению давления или достигающей его, или расход после нагнетательного насоса(ов) в выделенных нагнетательных линиях 18 и/или 18' падает до величины, приближающейся к максимально допустимому снижению расхода или достигающей ее, блок управления может выбрать альтернативный рабочий диапазон для состава первой и/или второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды (например, один из второго, третьего и т.д. рабочих диапазонов), который, согласно прогнозу, снизит риск ухудшения коллекторских свойств пласта. Например, альтернативные рабочие диапазоны для составов первой и/или второй смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод могут быть определены одним или более из условий: более высокими граничными величинами для ОСРТВ; более высокими граничными величинами для содержания двухвалентных катионов (в частности, содержания катионов кальция); или более высокими граничными величинами для одной или более добавок для стабилизации мелких частиц. Далее, блок управления может изменить работу установки деминерализации комплексной системы для регулирования состава первой и/или второй смешанных нагнетаемых вод так, чтобы он попал в альтернативный рабочий диапазон. Для этого, например, блок управления может направить команды на отведение определенного количества ОО-пермеата через линию 11 сброса ОО-

пермеата. Блок управления может также изменить работу комплексной системы для увеличения содержания двухвалентных катионов в первом и/или втором объединенном потоке ОО/НФ-пермеата, путем повышения количества МВ, добавленной в первый и/или второй объединенный поток ОО/НФ-пермеата, и/или увеличением количества концентрата для стабилизации мелких частиц, добавленного в объединенный первый и/или второй ОО/НФ-поток (путем изменения степени открывания одного или более дроссельных клапанов V5, V5', V8 и V8'). Блок управления может осуществлять мониторинг влияния изменений в работе комплексной системы в части расхода на состав первого и/или второго смешанных потоков слабоминерализованной нагнетаемой воды, используя датчики Q9 расхода и датчик S7 или датчик Q9' расхода и датчик S7', для определения того, удалось ли в результате изменений в работе установки ввести составы первой и второй смешанных нагнетаемых вод в пределы предпочтительного рабочего диапазона, и, при необходимости, может провести дополнительные изменения в работе установки для достижения составов, находящихся в пределах предпочтительного рабочего диапазона. Блок управления также может осуществлять мониторинг расходов первого и/или второго смешанных потоков слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательных линиях 18 и 18' на выходе нагнетательных насосов 24 и 24', и/или внутрискважинного давления в нагнетательных скважинах 20 и 20', используя датчики давления 23 и 23', соответственно, для определения, произошла ли стабилизация или рост приемистости скважины. Если этого не произошло, блок управления может изменить работу комплексной системы так, чтобы состав первой и/или второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды попал в пределы еще одного дополнительного предпочтительного рабочего диапазона для первой и/или второй областей продуктивного пласта. Таким образом, система, представленная на фиг. 1, имеет блок управления с контуром обратной связи, который позволяет системе изменить состав первого и второго смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды так, чтобы снизить риск ухудшения коллекторских свойств пласта при одновременном сохранении ПНО из продуктивного пласта.

Представляется, что если в нагнетательную скважину 20 (или 20') была закачана пробка смешанной первой слабоминерализованной нагнетаемой воды (или второй слабоминерализованной нагнетаемой воды) низкого порового объема, выделенная нагнетательная линия 18 для нагнетательной скважины 20 (или выделенная линия 18' для нагнетательной скважины 20') может быть использована для закачивания подтоварной воды (ПВ) или смеси МВ и ПВ в качестве водной вытесняющей текучей среды для перемещения пробки смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды, а значит и отсоединенной нефтяной зоны, в направлении эксплуатационной скважины 21 (или в направлении эксплуатационной скважины 21'). Соответственно, потоки ОО-пермеата и НФ-пермеата больше не требуются для нагнетательной скважины 20 (или 20'), и могут быть направлены для получения одного или более смешанных потоков слабоминерализованной нагнетательной воды по меньшей мере для одной нагнетательной скважины, пробуренной в дополнительную область продуктивного пласта.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ увеличения нефтеотдачи из первой области и второй области и проницаемости при нагнетании первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава в первую область нефтеносного пласта и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава во вторую область нефтеносного пласта, в котором

получают первую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта;

получают вторую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, причем

первая область и вторая область имеют первый состав породы и второй состав породы соответственно,

первый риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды обусловлен первым составом породы и второй риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды обусловлен вторым составом породы, при этом первый риск и второй риск различаются и контролируются посредством отслеживания по меньшей мере одного из увеличения давления в нагнетательной скважине и/или уменьшения расхода после нагнетательных насосов, и

первая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода и вторая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода, каждая, содержат пермеат нанофильтрации (НФ) и пермеат обратного осмоса (ОО), управляемо смешиваемые с сильноминерализованной питательной водой;

поддерживают состав первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах первого заданного рабочего диапазона посредством регулирования количеств НФ-пермеата и ОО-пермеата в ответ на снижение приемистости и

поддерживают состав второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах второго заданного рабочего диапазона посредством регулирования количеств НФ-пермеата и ОО-пермеата в ответ на снижение приемистости;

причем первый заданный рабочий диапазон и второй заданный рабочий диапазон повышают нефтеотдачу из первой области и второй области и проницаемость при нагнетании первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в первую область и нагнетании второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды во вторую область.

2. Способ по п.1, в котором первая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода и вторая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода, каждая, содержат морскую воду.

3. Способ по п.1 или 2, в котором первая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода и вторая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода, каждая, дополнительно содержат добавки для стабилизации мелких частиц.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором нагнетают первую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта; и одновременно нагнетают вторую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта.

5. Способ по любому из пп.1-3, в котором нагнетают первую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта; и нагнетают вторую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, причем первая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода нагнетается перед нагнетанием второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором нефтеносный пласт дополнительно содержит третью область продуктивного пласта, имеющую риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды, отличающийся от риска ухудшения нефтеотдачи в первой области и второй области, причем при осуществлении способа дополнительно

получают третью смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в третью область нефтеносного пласта; и

нагнетают третью смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в третью область нефтеносного пласта; и

поддерживают состав третьей смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах третьего заданного рабочего диапазона, который повышает нефтеотдачу из третьей области и проницаемость при нагнетании третьей смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды.

7. Способ по п.6, в котором первую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду, вторую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду и третью смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду нагнетают по меньшей мере в одну нагнетательную скважину одновременно.

8. Способ по п.6, в котором первую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду, вторую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду и третью смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду нагнетают по меньшей мере в одну нагнетательную скважину последовательно одна за другой.

9. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором по меньшей мере один из первого заданного рабочего диапазона, второго заданного рабочего диапазона или третьего заданного рабочего диапазона определяет уровень сульфатов менее 100 мг/л.

10. Способ по любому из пп.1-9, в котором первый заданный рабочий диапазон и второй заданный рабочий диапазон содержат одну или более граничные величины для состава первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и состава второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды соответственно, причем указанные одна или более граничных величин содержат по меньшей мере один из верхнего предела или нижнего предела для параметров, включающих по меньшей мере один из общего содержания растворенных твердых веществ, минерализации, ионной силы, концентрации одного или более отдельных ионов, концентрации отдельных ионов по одному или более типам ионов, соотношения отдельных ионов по типам ионов, соотношения отдельных ионов или любой комбинации этих параметров.

11. Способ получения единой слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, для увеличения нефтеотдачи, в котором

определяют перекрывающийся рабочий диапазон для единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды, причем перекрывающийся рабочий диапазон определен граничными величинами для области перекрытия нескольких заданных рабочих диапазонов для составов смешанных слабоминерализованных нагнетаемых вод для первой области и второй области нефтеносного пласта, при этом указанные несколько заданных рабочих диапазонов повышают нефтеотдачу из первой области и второй области нефтеносного пласта, повышая проницаемость в первой области и второй области,

причем по меньшей мере одна нагнетательная скважина пробурена в первую область и по меньшей

мере одна нагнетательная скважина пробурена во вторую область, и

коллекторская пластовая порода первой области имеет первый состав породы, коллекторская пластовая порода второй области имеет второй состав породы, и первый риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды обусловлен первым составом породы, а второй риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды обусловлен вторым составом породы, и при этом первый риск и второй риск различаются и контролируются посредством отслеживания по меньшей мере одного из увеличения давления в нагнетательной скважине и/или уменьшения расхода после нагнетательных насосов, а единая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода содержит пермеат нанофильтрации (НФ) и пермеат обратного осмоса (ОО);

получают единую нагнетаемую текучую среду с составом в пределах перекрывающего рабочего диапазона посредством управляемого смешивания по меньшей мере одного из ОО-пермеата и НФ-пермеата с сильноминерализованной питательной водой; и

поддерживают состав единой нагнетаемой текучей среды в пределах перекрывающего рабочего диапазона посредством регулирования количеств НФ-пермеата и ОО-пермеата в ответ на снижение проницаемости.

12. Способ по п.11, в котором нагнетают единую нагнетаемую текучую среду в первую область и во вторую область.

13. Способ по п.11 или 12, в котором первой областью и второй областью являются различные области или слои коллекторской пластовой породы внутри нефтеносного пласта.

14. Способ по любому из пп.11-13, в котором первый состав породы и второй состав породы различаются.

15. Способ по любому из пп.11-14, в котором граничные величины единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды содержат по меньшей мере один из верхнего предела или нижнего предела для параметров, включающих по меньшей мере один из общего содержания растворенных твердых веществ, минерализации, ионной силы, концентрации одного или более отдельных ионов, концентрации отдельных ионов по одному или более типам ионов, соотношения отдельных ионов по типам ионов, соотношения отдельных ионов или любой комбинации этих параметров.

16. Система нагнетания единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и нагнетания единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, для увеличения нефтеотдачи, включающая

установку деминерализации, содержащую

узел обратного осмоса (ОО), выполненный с возможностью получения подмешиваемого потока ОО-пермеата и передачи подмешиваемого потока ОО-пермеата в смесительную систему, и

узел нанофильтрации (НФ), выполненный с возможностью получения подмешиваемого потока НФ-пермеата и передачи подмешиваемого потока НФ-пермеата в смесительную систему;

смесительную систему, содержащую

питательную линию ОО-пермеата,

питательную линию НФ-пермеата,

линию сброса ОО-пермеата,

линию сброса НФ-пермеата,

место слияния, выполненное для смешивания ОО-пермеата и НФ-пермеата, для формирования единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и

отводящую линию, выполненную с возможностью передачи единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему; и

нагнетательную систему, содержащую

нагнетательную линию, имеющую по меньшей мере один нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи единой смешанной нагнетаемой воды в: 1) по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и 2) по меньшей мере одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, и

блок управления, выполненный с возможностью

регулирования количества по меньшей мере одного из подмешиваемого потока ОО-пермеата или подмешиваемого потока НФ-пермеата, смешиваемых в месте слияния; и

поддержания состава единого смешанного потока слабоминерализованной воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона, определяемого граничными величинами для области перекрытия первого заданного рабочего диапазона и второго заданного рабочего диапазона, причем первый заданный рабочий диапазон и второй заданный рабочий диапазон определяют составы единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для первой области и второй области нефтеносного пласта, и первый заданный рабочий диапазон и второй заданный рабочий диапазон определяют составы для увеличения нефтеотдачи из первой области и второй области и проницаемости в первой области и второй области.

17. Система по п.16, в которой первый заданный рабочий диапазон и второй заданный рабочий диапазон хранятся в блоке управления, выполненном с возможностью определения перекрывающего рабочего диапазона, использующего первый заданный рабочий диапазон и второй заданный рабочий диапазон.

18. Система по любому из пп.16 или 17, в которой смесительная система содержит резервуар, содержащий концентрированный водный раствор по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц; и

питательную линию концентрата для стабилизации мелких частиц, причем смесительная система выполнена с возможностью передачи по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц в единую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду по питательной линии концентрата для стабилизации мелких частиц.

19. Система по п.18, в которой смесительная система дополнительно содержит насос-дозатор, выполненный с возможностью дозированной подачи по меньшей мере одного концентрата для стабилизации мелких частиц в единую смешанную слабоминерализованную нагнетаемую воду.

20. Система по п.19, в которой насос-дозатор имеет связь сигналами с измерителем расхода и выполнен с возможностью регулирования концентрации по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц в единой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воде для приведения ее в соответствие с профилем концентрации по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц, используя сигнал от измерителя расхода.

21. Система по любому из пп.18-20, в которой блок управления выполнен с возможностью регулирования количества по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц, подаваемой по меньшей мере в одно место из: 1) места слияния смесительной системы или 2) нагнетательной линии; и

поддержания состава единой смешанной слабоминерализованной воды в пределах перекрывающего рабочего диапазона посредством регулирования количества по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц.

22. Система по пп.16-21, в которой перекрывающий рабочий диапазон содержит верхние пределы и нижние пределы для концентрации по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц, соответствующие перекрывающимся концентрациям по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц, общим для первого и второго заданных рабочих диапазонов.

23. Система по любому из пп.16-22, в которой установка деминерализации расположена на береговом участке, а смесительная система расположена на морском участке.

24. Система по любому из пп.16-23, в которой нагнетательная система дополнительно содержит ряд ответвленных нагнетательных линий, присоединенных к единому подводному коллектору, причем нагнетательная линия соединена с единым подводным коллектором, а ряд ответвленных нагнетательных линий соединяют единый подводный коллектор по меньшей мере с одной нагнетательной скважиной, пробуренной в первую область нефтеносного пласта, и по меньшей мере одной нагнетательной скважиной, пробуренной во вторую область нефтеносного пласта.

25. Система по п.24, в которой блок управления выполнен дополнительно с возможностью открывания клапанов в нагнетательной линии и едином подводном коллекторе; и передачи, в результате открывания клапанов, единого смешанного потока слабоминерализованной воды от нагнетательной линии к по меньшей мере одной нагнетательной скважине, пробуренной в первую область, и по меньшей мере одной нагнетательной скважине, пробуренной во вторую область.

26. Система по п.24, в которой блок управления выполнен дополнительно с возможностью: выборочного открывания клапанов в нагнетательной линии и едином подводном коллекторе; передачи, в результате открывания клапанов, единого смешанного потока слабоминерализованной воды от нагнетательной линии по меньшей мере к одной нагнетательной скважине, пробуренной в первую область;

выборочного изменения состояния клапанов в нагнетательной линии и едином подводном коллекторе после передачи единого смешанного потока слабоминерализованной воды от нагнетательной линии по меньшей мере к одной нагнетательной скважине, пробуренной в первую область; и

передачи, в результате выборочного изменения состояния клапанов, единого смешанного потока слабоминерализованной воды от нагнетательной линии по меньшей мере к одной нагнетательной скважине, пробуренной во вторую область.

27. Система по любому из пп.16-26, в которой смесительная система дополнительно содержит один или более датчиков, выполненных с возможностью определения параметра состава единого смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды.

28. Система по п.27, в которой параметр состава включает общую концентрацию растворенных твердых веществ, концентрацию анионов хлоридов, концентрацию анионов бромидов, концентрацию катионов кальция, концентрацию катионов магния, концентрацию катионов калия, концентрацию анионов нитратов, концентрацию анионов сульфатов или расход одного или более из подмешиваемого потока ОО-пермеата, отводимого потока ОО-пермеата, подмешиваемого потока НФ-пермеата или отводимого

потока НФ-пермеата.

29. Система для получения первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды изменяемого состава для нагнетания по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, и по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта, причем коллекторская пластовая порода первой области имеет первый состав породы для нефтеотдачи, коллекторская пластовая порода второй области имеет второй состав породы, и первый риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды обусловлен первым составом породы, а второй риск ухудшения нефтеотдачи при воздействии слабоминерализованной нагнетаемой воды обусловлен вторым составом породы, и при этом первый риск и второй риск различаются и контролируются посредством отслеживания по меньшей мере одного из увеличения давления в нагнетательной скважине и/или уменьшения расхода после нагнетательных насосов, а первая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода и вторая смешанная слабоминерализованная нагнетаемая вода, каждая, содержат пермеат нанофильтрации и пермеат обратного осмоса, включающая

установку деминерализации, содержащую

узел обратного осмоса (ОО), выполненный с возможностью получения подмешиваемого потока ОО-пермеата и передачи подмешиваемого потока ОО-пермеата в смесительную систему, и

узел нанофильтрации (НФ), выполненный с возможностью получения подмешиваемого потока НФ-пермеата и передачи подмешиваемого потока НФ-пермеата в смесительную систему;

смесительную систему, содержащую

основную питательную линию ОО-пермеата,

основную питательную линию НФ-пермеата,

линию сброса ОО-пермеата,

линию сброса НФ-пермеата,

первое место слияния и второе место слияния и

первую отводящую линию и вторую отводящую линию, причем линия сброса ОО-пермеата и линия сброса НФ-пермеата связаны по текучей среде с основной питательной линией ОО-пермеата, разделяющейся с формированием первой ответвленной линии ОО-пермеата и второй ответвленной линии ОО-пермеата, выполненных с возможностью передачи подмешиваемого потока ОО-пермеата в первое место слияния и второе место слияния соответственно, а основная питательная линия НФ-пермеата разделяется с формированием первой ответвленной линии НФ-пермеата и второй ответвленной линии НФ-пермеата, выполненных с возможностью передачи подмешиваемого потока НФ-пермеата в первое место слияния и второе место слияния соответственно, причем первая отводящая линия и вторая отводящая линия связаны по текучей среде с первым местом слияния и вторым местом слияния и выполнены с возможностью передачи первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную систему;

нагнетательную систему, содержащую, по меньшей мере, первую выделенную нагнетательную линию и вторую выделенную нагнетательную линию, каждая из которых имеет по меньшей мере один нагнетательный насос и, соответственно, связаны по текучей среде с первой отводящей линией и второй отводящей линией смесительной системы, причем первая выделенная нагнетательная линия выполнена с возможностью передачи первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную в первую область нефтеносного пласта, а вторая нагнетательная линия выполнена с возможностью передачи второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды по меньшей мере в одну нагнетательную скважину, пробуренную во вторую область нефтеносного пласта; и

блок управления, выполненный с возможностью

приема первого заданного рабочего диапазона и второго заданного рабочего диапазона;

изменения работы установки деминерализации для регулирования количества по меньшей мере одного потока из подмешиваемого потока ОО-пермеата или подмешиваемого потока НФ-пермеата, подмешиваемых в первом месте слияния и втором месте слияния; и

поддержания составов первого смешанного потока слабоминерализованной воды и второго смешанного потока слабоминерализованной воды в пределах первого заданного рабочего диапазона и второго заданного рабочего диапазона соответственно, за счет изменений в работе установки деминерализации.

30. Система по п.29, в которой по меньшей мере одна из первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды или второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды содержит морскую воду или по меньшей мере одну добавку для стабилизации мелких частиц.

31. Система по п.29 или 30, в которой блок управления выполнен с возможностью нагнетания первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и второй смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды последовательно одну за другой.

32. Система по п.29 или 30, в которой блок управления выполнен с возможностью нагнетания первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и второй смешанной слабоминерализованной

нагнетательной воды одновременно.

33. Система по любому из пп.29-32, в которой смесительная система дополнительно включает резервуар, содержащий концентрированный водный раствор по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц;

основную питательную линию, присоединенную к резервуару; и

первую ответвленную питательную линию и вторую ответвленную питательную линию, каждая из которых имеет расходный клапан, выполненный с возможностью подачи по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц в качестве подмешиваемого потока для первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды.

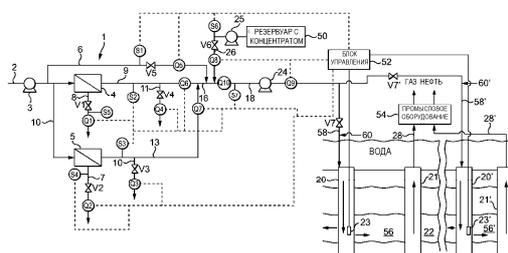
34. Система по п.33, в которой блок управления выполнен дополнительно с возможностью

изменения работы смесительной системы для регулирования количества по меньшей мере одной добавки для стабилизации мелких частиц, передаваемой в качестве подмешиваемого потока для первой смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды и второй смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды; и

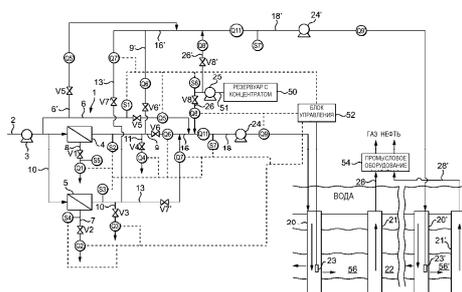
поддержания составов первого смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды и второго смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды в пределах первого заданного рабочего диапазона и второго заданного рабочего диапазона, которые включают граничные величины по меньшей мере для одной добавки для стабилизации мелких частиц.

35. Система по любому из пп.29-34, в которой смесительная система дополнительно содержит один или более датчиков, выполненных с возможностью определения параметра состава первого смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды и второго смешанного потока слабоминерализованной нагнетаемой воды.

36. Система по п.35, в которой указанные один или более датчиков выполнены с возможностью измерения одного или более параметра, включая общую концентрацию растворенных твердых веществ, концентрацию анионов хлоридов, концентрацию анионов бромидов, концентрацию катионов кальция, концентрацию катионов магния, концентрацию катионов калия, концентрацию анионов нитратов, концентрацию анионов сульфатов, или расход одного или более из: подмешиваемого потока ОО-пермеата, отводимого потока ОО-пермеата, подмешиваемого потока НФ-пермеата или отводимого потока НФ-пермеата.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

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