

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042218**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.01.25**

(21) Номер заявки  
**202092633**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.05.10**

(51) Int. Cl. *E21B 43/16* (2006.01)  
*E21B 43/20* (2006.01)  
*E21B 43/38* (2006.01)

---

(54) **СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ**

---

(31) **18171707.5**

(32) **2018.05.10**

(33) **EP**

(43) **2021.04.07**

(86) **PCT/EP2019/062060**

(87) **WO 2019/215332 2019.11.14**

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

(72) Изобретатель:  
**Дэй Стюарт, Мэр Кристофер (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-A1-2013213892  
US-A1-2013098608  
US-A1-2015300149  
US-A1-2014345862

(57) Описан способ динамического распределения общего количества пластовой воды (ПВ) из продуктивного пласта во время повышенной нефтеотдачи (ПНО) при заводнении слабоминерализованной или умягченной водой с использованием приема данных измерения, получения информации о параметрах продуктивного пласта, содержащей: расход нагнетания для ПНО, ассоциированный с одной или более зон нагнетания ПНО, расход нагнетания в зону утилизационного закачивания, ассоциированный с одной или более зон утилизационного закачивания, и расход утилизации без обратного закачивания, ассоциированный с одной или более процедур утилизации без обратного закачивания; определяют расход смешивания, включающий, по меньшей мере, часть расхода отбора ПВ и, по меньшей мере, часть расхода нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, для получения смешанной нагнетательной жидкости; смешивают, по меньшей мере, часть ПВ с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной воды с этим расходом смешивания; и динамически распределяют расход отбора ПВ между процедурами с обратным закачиванием и без обратного закачивания.

**B1**

**042218**

**042218**

**B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к средству оптимизации распределения пластовой воды для динамического распределения пластовой воды (ПВ) при повышенной нефтеотдаче (ПНО) с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой, и к системам и способам, использующим такое средство. В частности, настоящее изобретение относится к средству оптимизации распределения пластовой воды при сохранении ПНО, обеспечивающему утилизацию всего объема ПВ с использованием процедур утилизации с обратным закачиванием или без обратного закачивания. Более конкретно, это изобретение относится к средству для оптимизации нагнетания ПВ и слабоминерализованной или умягченной воды в продуктивный пласт, при условии, что вся ПВ утилизирована, с одновременным поддержанием повышенной нефтеотдачи в одном или более сегментах этого пласта.

### **Уровень техники**

При добыче углеводородов, вместе с компонентами углеводородов зачастую извлекается также и вода. Эта попутно добываемая пластовая/подтоварная вода (далее - пластовая вода) часто обладает высокой минерализацией и также может включать другие растворенные компоненты, которые делают ее непригодной для повторного использования в качестве нагнетаемой жидкости для ПНО из-за загрязнения мембран, используемых для получения такой жидкости для ПНО. Растворенные компоненты ПВ могут быть токсичными и трудноотделяемыми, что делает утилизацию ПВ трудной и экономически нецелесообразной. При отборе и утилизации ПВ в процессе нефтедобычи могут возникать дополнительные трудности, когда обратное закачивание таких жидкостей создает помехи требуемой технологии добычи.

### **Сущность изобретения**

В настоящем изобретении раскрывается способ динамического распределения общего количества пластовой воды (ПВ) из продуктивного пласта при повышенной нефтеотдаче (ПНО) с использованием заводнения слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО, при осуществлении которого: получают данные измерений, ассоциированные с продуктивным пластом, ПВ и слабоминерализованной или умягченной водой, и включающие: расход отбора ПВ из продуктивного пласта, расход при нагнетании слабоминерализованной или умягченной воды, диапазон состава нагнетаемой воды, и общий расход нагнетания воды; получают информацию о параметрах продуктивного пласта, включающую: одну или более зон нагнетания ПНО, расход нагнетания при ПНО, ассоциированный с каждой из одной или более зон нагнетания ПНО, одну или более зон утилизационного закачивания, расход нагнетания в зону утилизационного закачивания, ассоциированный с каждой из одной или более зон утилизационного закачивания, одну или более процедур утилизации без обратного закачивания, и расход утилизации без обратного закачивания, ассоциированный с каждой из одной или более процедур утилизации без обратного закачивания; определяют расход смешивания, включающий, по меньшей мере, часть текущего расхода отбора ПВ и, по меньшей мере, часть расхода нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, для получения смешанной нагнетательной жидкости, причем расход смешивания поддерживает состав смешанной нагнетательной жидкости в диапазоне состава нагнетательной воды; смешивают, по меньшей мере, часть ПВ с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной воды с этим расходом смешивания; и динамически распределяют расход отбора ПВ между: (а) обратным закачиванием в продуктивный пласт со смешиванием со слабоминерализованной или умягченной водой и нагнетанием в одну или более зон нагнетания для ПНО, нагнетанием в одну или более зон нагнетания утилизации, или их комбинацией; (б) утилизацией посредством одной или более процедур утилизации без обратного закачивания, или их комбинацией, причем динамическое распределение поддерживает расход нагнетания для ПНО, расход нагнетания в зоне утилизации, и расход утилизации без обратного закачивания ниже заданных порогов, обеспечивает утилизацию всего расхода отбора ПВ посредством обратного закачивания или без обратного закачивания, и обеспечивает общий расход замещения пустот, когда суммарное количество воды, закачанной обратно в (а), равно требуемому для замещения пустот.

Также раскрывается система для динамического распределения пластовой воды (ПВ) для утилизации в продуктивном пласте в ходе заводнения слабоминерализованной водой, включающая: запоминающее устройство, хранящее средство динамического распределения; процессор, обменивающийся данными с запоминающим устройством, причем средство динамического распределения, при его исполнении процессором, конфигурирует процессор для: приема данных продуктивного пласта, содержащих определение распределения одного или более сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для утилизации и одного или более сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для заводнения ПНО, и общие расходы отбора ПВ; введения в средство динамического распределения, данных, содержащих распределение одного или более сегментов продуктивного пласта и общие расходы отбора ПВ; предварительной (качественной) оценки особенностей повышенной нефтеотдачи (ПНО) с заводнением слабоминерализованной водой по сегментам для каждого из одного или более сегментов и общей повышенной нефтеотдачи; численной оценки различных процедур и расходов утилизации ПВ с использованием обратного закачивания и без обратного закачивания; и определения, на основе предварительной и численной оценок, одного или более маршрутов для ПВ, содержащих: один или более маршрутов утилизации обратным закачиванием, выбранный из (а) смешивания со слабоминерализованным потоком, получаемым установкой приготовления слабоминерализованной жидкости для ПНО заводнения слабомине-

рализованной водой, для нагнетания в один или более из сегментов ПНО с заводнением слабоминерализованной водой; (б) обратного закачивания в виде утилизируемой воды в один или более из сегментов для утилизации; или комбинацию этих маршрутов, и/или один или более маршрутов без обратного закачивания, содержащий (в) отведение в составе добываемой нефти; (г) сброс, или комбинации этих маршрутов, когда расходы утилизации ПВ посредством (а), (б), (в), (г) или их комбинаций равны общему расходу добычи ПВ.

Также в настоящем раскрытии описывается система для одновременного нагнетания заводнения слабоминерализованной водой и пластовой воды для утилизации в продуктивном пласте, имеющем несколько сегментов, включающая: систему приготовления слабоминерализованной воды, приспособленную для выработки потока слабоминерализованной воды; сепаратор, приспособленный для отделения отгружаемой товарной нефти из промышленного продукта, содержащего добываемую нефть, общий объем ПВ для утилизации и газ; нагнетательный манифольд слабоминерализованной воды, сообщающийся (имеющий жидкостное соединение) посредством линии слабоминерализованной воды с системой приготовления слабоминерализованной воды; нагнетательный манифольд утилизации, имеющий жидкостное соединение посредством линии утилизации с сепаратором; один или более нагнетательных насосов, имеющих жидкостное соединение с нагнетательным манифольдом слабоминерализованной воды и нагнетательным манифольдом утилизации; нагнетательный коллектор слабоминерализованной воды, имеющий жидкостное соединение с одним или более нагнетательными насосами, посредством которых слабоминерализованный поток для ПНО, содержащий, по меньшей мере, часть потока слабоминерализованной воды, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением; нагнетательный коллектор утилизации, имеющий жидкостное соединение с одним или более нагнетательными насосами, посредством которых утилизационный поток, содержащий, по меньшей мере, часть всей ПВ для утилизации, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации; линию смешивания, соединяющую жидкостным соединением линию утилизации с линией слабоминерализованной воды, благодаря которой часть всей ПВ для утилизации может быть смешана с потоком слабоминерализованной воды для получения слабоминерализованного ПНО потока перед его подачей в манифольд слабоминерализованной воды; и систему управления, содержащую процессор с программными средствами (ПС), сконфигурированными для: определения расходов нагнетания на сегмент в соответствии с требованиями по замещению пустот и нагнетания для ПНО, с динамическим распределением всей ПВ для утилизации через один или более маршрутов обратного закачивания, один или более маршрутов без обратного закачивания и их комбинации, причем один или более маршрутов обратного закачивания выбираются среди введения в нагнетательный коллектор утилизации по линии утилизации, введения в коллектор слабоминерализованной воды по линии смешивания, или комбинации этих маршрутов.

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

#### **Краткое описание чертежей**

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

на фиг. 1 представлена блок-схема способа 1 динамического распределения общего количества пластовой воды извлеченной из продуктивного пласта в процессе повышенной нефтеотдачи с использованием заводнения ПНО слабоминерализованной или умягченной водой, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 представлена схема I промышленного оборудования, в котором раскрытое здесь средство оптимизации ПВ может быть использовано для распределения утилизации ПВ, в соответствии с вариантом осуществления изобретения;

на фиг. 3 представлена схема II промышленного оборудования, в котором раскрытое здесь средство оптимизации ПВ может быть использовано для распределения утилизации ПВ, в соответствии с другим вариантом осуществления изобретения;

на фиг. 4 представлена блок-схема системы III динамического распределения ПВ для утилизации в продуктивном пласте в процессе заводнения слабоминерализованной водой, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### **Подробное описание осуществления изобретения**

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

"Слабоминерализованной" водой является вода, полученная удалением, по меньшей мере, части солей (например NaCl) или других растворенных твердых веществ из сильноминерализованной питательной воды или ПВ. В настоящем раскрытии, слабоминерализованной водой может быть вода, имеющая минерализацию или общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) менее 8000, 9000 или 10000 ppm (частей на миллион).

"Умягченной водой" является вода, полученная удалением, по меньшей мере, некоторого количества ионов жесткости (например, многовалентных катионов, включая магний и кальций) из сильноминерализованной питательной воды или ПВ. В контексте настоящего описания, умягченной водой может быть вода, имеющая жесткость (выраженную в гранах на галлон (или ppm) как эквивалент карбоната кальция) менее или равную примерно 1 грану на галлон (гр/галл) или 17,0 ppm (мг/л).

"Сильноминерализованной питательной водой" или "питательной водой" является питательная вода для установки деминерализации или умягчения, которой обычно в установки деминерализации является морская вода (МВ), вода эстуария, вода водоносного горизонта или их смеси, но в случае установки умягчения воды, может быть пластовая вода или может также содержать эту воду.

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

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

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

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

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

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

"Пробкой (оторочкой)" является низкий поровый объем жидкости, закачанной в нефтеносный слой продуктивного пласта. Величины поровых объемов для пробок слабоминерализованной нагнетаемой воды основываются на охваченном поровом объеме PVR (pore volume ratio) слоя(ев) пластовой породы.

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

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

С повышением нефтеотдачи (ПНО) с использованием заводнения слабоминерализованной или умягченной водой связана проблема утилизации значительных объемов ПВ, в частности, когда существуют законодательные ограничения на сброс за борт и/или когда цена и время получения разрешений на сброс за борт становятся чрезмерными.

В результате деминерализации или умягчения воды может получаться вода с минерализацией ниже оптимальной для непрерывного нагнетания в нефтеносный пласт. Действительно, деминерализованная или умягченная вода может нанести ущерб нефтеносному горизонту продуктивного пласта и может сдерживать добычу нефти, например, вызывая набухание и подвижность глин так, что они закупоривают пласт месторождения. При этом существует оптимальная минерализация для закачиваемой воды, благоприятным образом обеспечивающая повышенную нефтеотдачу и одновременно с этим снижающая риск ухудшения коллекторских свойств пласта, причем это оптимальное значение минерализации может изменяться в пределах одного продуктивного пласта из-за пространственного изменения состава породы по продуктивному пласту (как по вертикали, так и в поперечном направлении). Как правило, при содержании в породе нефтесодержащего пласта большого количества 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 продуктивного пласта составляет менее 1, например менее 0,9.

Утилизация пластовой воды может при этом включать обратное закачивание в продуктивный пласт в виде компонента составного потока, содержащего слабоминерализованную или умягченную воду и некоторое количество пластовой воды, пригодной для получения составного потока слабоминерализованной или умягченной ПНО воды, имеющей заданную или "целевую" минерализацию, или ОСРТВ, для

обеспечения повышения нефтеотдачи (ПНО). Поскольку количество пластовой воды и ее состав будут изменяться в различных стадиях ПНО из продуктивного пласта, существует потребность в системах, способах и средствах для динамического распределения утилизации ПВ в ходе заводнения слабоминерализованной или умягченной водой.

Настоящее раскрытие относится к "средству", которое может быть реализовано в виде программного средства (ПР), и модуля, приложения и др., для оценки различных путей утилизации пластовой воды (ПВ) при нагнетании слабоминерализованной нагнетаемой воды и/или умягченной воды в продуктивный пласт для повышенной нефтеотдачи (ПНО), и системе и способу, использующим это средство. Раскрытое в настоящем описании средство оптимизации ПВ определяет оптимальное соотношение между расходом закачивания пор (общая потребность в закачиваемой воде), расходом обратного закачивания пластовой воды (ОЗПВ) и расходом нагнетания слабоминерализованной и/или умягченной воды (равным разности расхода замещения пор и расхода ОЗПВ), и обеспечивает распределение всей пластовой воды по различным процедурам утилизации посредством обратного закачивания и без использования обратного закачивания. Поскольку количество ПВ для утилизации в продуктивном пласте и ее состав будет постоянно меняться, обычно нарастая со временем, динамическое распределение в соответствии с настоящим раскрытием может обеспечить управление утилизацией изменяющихся количеств ПВ в процессе ПНО с использованием заводнения слабоминерализованной или умягченной водой.

В вариантах осуществления, средство использовалось для краткосрочных динамических распределений ПВ. В вариантах выполнения, средством является, преимущественно, средством прогнозирования, обеспечивающим долговременное прогностическое планирование или прогнозирование возможных вариантов утилизации пластовой воды, которые могут быть выбраны в будущем. Оценивая влияние выбранного варианта на утилизацию пластовой воды и, значит, на добычу с ПНО, это средство может, в вариантах осуществления, дать возможность пользователю проверить альтернативные варианты и принять обоснованные решения. В вариантах осуществления, раскрытое в настоящем описании средство предназначено для долгосрочного прогнозирования (например, на годы) для понимания влияния решений по освоению месторождения на длительный период (включая, среди прочего, где и когда устраивать скважины, какие сегменты использовать для утилизации ПВ в зависимости от нагнетания для ПНО и т.д.). В вариантах осуществления, средство является продолжением имитационной модели, традиционно используемой командой управления разработкой месторождения, как средство долгосрочного прогнозирования и принятия решений.

Далее приводится описание способа, предложенного в настоящем изобретении, со ссылкой на фиг. 1, изображающую блок-схему способа 1 динамического распределения общего количества пластовой воды из продуктивного пласта при повышенной нефтеотдаче с использованием заводнения слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО. Способ включает получение данных измерения, ассоциированных с продуктивным пластом, ПВ и слабоминерализованной или умягченной водой (шаг 1A), получение данных по характеристикам продуктивного пласта (шаг 1B), определение расхода смешивания, содержащего, по меньшей мере, часть расхода отбора ПВ и, по меньшей мере, часть расхода нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, для получения смешанной нагнетательной жидкости (шаг 1C), смешивание, по меньшей мере, части ПВ с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной воды с расходом смешивания (шаг 1D), и динамическое распределение общего количества ПВ между различными процедурами утилизации с использованием обратного закачивания и без нее (шаг 1E). Следует понимать, что хотя ссылка на "данные измерений" ассоциируется с продуктивным пластом, принятые "данные измерений" могут содержать фактические данные, данные моделирования, расчетные/прогнозируемые данные (например, из расчетной модели продуктивного пласта), или их комбинации, ассоциированные с продуктивным пластом. Динамические распределения могут использовать фактические данные и/или данные моделирования, в то время как долгосрочные прогнозы могут использовать прогнозируемые данные и/или данные моделирования (например, прогнозируемые данные могут моделироваться). Кроме того, следует понимать, что в вариантах осуществления может использоваться, помимо ПВ, и другая сильноминерализованная вода (например, морская вода) для приготовления "смешанной" нагнетательной жидкости, а ПВ утилизируется процедурами иными, чем смешивание с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной воды. Раскрытое в настоящем описании средство также обеспечивает утилизацию ПВ в вариантах осуществления и другими упомянутыми здесь процедурами (например, сброс за борт, закачивание в специально предназначенную нагнетательную скважину для ПВ и т.д.), когда смешивание ПВ с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной водой для получения нагнетательной жидкости для ПНО практически отсутствует.

Способ 1 включает получение данных измерения (например, фактических, расчетных/прогнозируемых данных, и/или данных моделирования, как было упомянуто выше), ассоциированных с продуктивным пластом, ПВ и слабоминерализованной или умягченной водой (шаг 1A). Данные измерения могут включать расход извлечения ПВ из продуктивного пласта, расход нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, заданный диапазон состава нагнетаемой воды для ПНО, общий расход нагнетания воды, минерализация ПВ, или комбинацию всех этих данных.

Способ 1 также включает получение информации о параметрах пласта (шаг 1B). Информация о па-

раметрах пласта может включать: выделение одной или более зон или секций продуктивного пласта в качестве зон нагнетания ПНО, расход нагнетания при ПНО, ассоциированный с каждой из одной или более зон нагнетания ПНО, выделение одной или более зон или секций продуктивного пласта в качестве одной или более зон утилизационного закачивания, расход нагнетания в зону утилизации, ассоциированный с каждой из одной или более зон утилизационного закачивания, информацию, касающуюся одной или более возможных процедур утилизации без обратного закачивания, и расход утилизации без обратного закачивания, ассоциированный с каждой из одной или более процедур утилизации без обратного закачивания. Например, раскрытые в настоящем описании средство, система или способ могут быть использованы для любого продуктивного пласта или с любым пластом, который может быть разделен на секции, сегменты или зоны (например, разделенные физически, или "воображаемые" или виртуальные) для нагнетания пробки слабоминерализованной воды или умягченной воды в режиме вторичной добычи, вслед за которым закачивается пластовая вода, закачивается слабоминерализованная вода или умягченная вода в режиме третичной добычи после нагнетания пластовой воды, или для утилизации ПВ. Средство может быть использовано для проверки слабых мест и для разработки плана действий, и может привести к разработке альтернативного плана нагнетания/утилизации, и, возможно, повлияет на разработку месторождения (например, продуктивного пласта) в отношении количества нагнетаний в каждую секцию или зону пласта, размера насосов/манифольдов и т.д. В варианте осуществления, используется анализ с привлечением раскрытого здесь средства, для разработки конструкций оборудования для заводнения для ПНО.

Способ 1 также включает определение расхода смешивания, содержащего, по меньшей мере, часть расхода отбора ПВ и по меньшей мере часть расхода нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, для получения смешанной нагнетательной жидкости (шаг 1С). Расход смешивания может быть выбран для поддержания состава смешанной нагнетательной жидкости в диапазоне состава для нагнетательной воды для ПНО. Составами в заданном рабочем диапазоне для сегмента или области продуктивного пласта являются составы, которые, согласно прогнозу, обеспечивают достижение повышенной нефтеотдачи (ПНО) от каждой области продуктивного пласта, в сочетании с предотвращением, снижением или минимизацией риска ухудшения коллекторских свойств пласта в этой его области. Например, расход смешивания может быть определен так, чтобы смешанная вода или смешанная инъекционная жидкость имела заданную минерализацию, ОСРТВ, концентрацию одного или более катионов или их комбинацию, равную целевой величине. Например, в вариантах осуществления расход смешивания обеспечивает целевую минерализацию в смешанной нагнетательной жидкости. В описанных далее вариантах осуществления, количество ПВ таково, что для утилизации всей ПВ задействуется смешивание с расходом смешивания, при котором смешанная нагнетательная жидкость имеет заданную минерализацию, ОСРТВ, концентрацию одного или более катионов или их комбинацию, превышающую целевое значение, но менее пороговой величины, выше которой ухудшается ПНО. В вариантах осуществления, где количество ПВ таково, что утилизация имеющимися процедурами утилизации (включая описанные выше процедуры утилизации с обратным закачиванием и без обратного закачивания) приводит к смешиванию с расходом смешивания, при котором смешанная нагнетательная жидкость имеет минерализацию, ОСРТВ, концентрацию одного или более катионов, или комбинация всех этих параметров превышает пороговую величину для них, вместо того, чтобы ухудшать ПНО во всех из одного или более сегментах продуктивного пласта с ПНО, один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО, могут быть переназначены для утилизации, и избыток ПВ закачивается обратно по маршруту ОЗПВ в один или более сегментов ПНО, переназначенных как сегмент(ы) для утилизации. Таким образом, добыча с ПНО может быть продолжена в оставшихся сегментах, выделенных для нагнетания для ПНО, и ПВ в полном объеме может быть утилизирована по различным маршрутам утилизации.

Способ 1 также включает динамическое распределение всего количества ПВ среди различных процедур утилизации с обратным закачиванием (а) и без обратного закачивания (б) (шаг 1Е). Процедура утилизации обратным закачиванием (а) включает обратное закачивание в продуктивный пласт через смешивание со слабоминерализованной или умягченной водой и нагнетание в одну или более зон нагнетания для ПНО, нагнетание в одну или более утилизационных зон нагнетания, или комбинации этих процедур. Количество ПВ, закачанное обратно в продуктивный пласт в (а) может быть, таким образом, разделено среди одного или более из: (в) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) и ионный состав в пределах целевой минерализации и целевого состава (например, в пределах целевого диапазона состава) для целей ПНО и вводимой в виде пробки слабоминерализованной, или умягченной, воды для ПНО в один или более сегменты продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного режима ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой; (г) количества ПВ, использованной в качестве рабочей и/или промывочной жидкости, нагнетаемой в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой после и/или перед, соответственно, нагнетания туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО; (д) количества ПВ, использованной в режиме вторичной добычи с нагнетанием в один или более сегмен-

тов продуктивного пласта, выделенных для третичного ПНО с нагнетанием слабоминерализованной или умягченной воды, перед нагнетанием туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в третичном режиме добычи; (е) количества ПВ, закачанной в виде утилизационного потока в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации ПВ; и (ж) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющего ОСРТВ и ионный состав в пределах пороговых значений по минерализации и по составу (например, в пределах диапазона состава) для целей ПНО и вводимой в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного режима ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой; и/или (з) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию выше пороговой минерализации для целей ПНО, и введенной в один или более сегментов продуктивного пласта. Количества ПВ, распределенные для каждой из процедур (в), (г), (д), (е), (ж) и/или (з), могут поддерживаться ниже предельных количеств для закачивания для ассоциированных одного или более сегментов пласта.

Процедуры (б) утилизации без обратного закачивания включают (и) отгрузку с добываемой нефтью, (к) сброс за борт или их комбинацию. Количество ПВ, находящееся в добываемой нефти для отгрузки в процедуре (и), может поддерживаться ниже максимального предела для отгрузки (например, по основным твердым веществам и воде, ОТВ&В), а количество ПВ, сброшенное за борт в (к), может поддерживаться ниже максимального разрешенного предела сброса за борт. Например, предельное количество ОТВ&В может составлять менее примерно 3 объемных процента (% об.) воды или менее 5 объемных процентов (% об.) воды, или предельное количество сброса за борт может составлять примерно 20 тысяч нормальных баррелей в день (mstb/d). ПВ, упоминаемая как входящая в состав отгрузки добываемой нефти в (и), может включать или состоять из "отгрузки" ПВ через введение в ПВ/водоносный горизонт в различной породе. Сброс за борт в (к) содержит сброс воды на поверхность (например, в море и/или реки).

Для более подробного представления различных процедур утилизации с обратным закачиванием или без обратного закачивания (шаг 1Е), далее приводится описание частных вариантов промыслового оборудования со ссылкой на фиг. 2, представляющего схему I системы или оборудования, для которых может быть использовано описанное здесь средство оптимизации ПВ для распределения утилизации ПВ. Схема I оборудования содержит устройство, или установку 30, деминерализации или умягчения воды, линию 35 для слабоминерализованной или умягченной воды, линию 83 для пластовой воды, всасывающие манифольды, включающие манифольд 40 для слабоминерализованной или умягченной воды и манифольд 50 утилизации, нагнетательные насосы 60, нагнетательные коллекторы, включающие коллектор 45 для слабоминерализованной или умягченной воды и коллектор 55 утилизации, продуктивный пласт 65, содержащий одну или более секций или сегментов, выделенных для нагнетания при заводнении при ПНО, и ассоциированные нагнетатели слабоминерализованной или умягченной воды, одна или более секций, сегментов или зон, выделенных для утилизации и ассоциированных нагнетателей утилизируемой воды, и ассоциированных с одной или более нагнетательных скважин и одной или более эксплуатационных скважин, сепаратор 75 и устройство 80 обработки ПВ.

Устройство (установка) 30 деминерализации или умягчения воды позволяет получать деминерализованную или умягченную воду из питательной воды в линии 21 питательной воды. Слабоминерализованной или умягченной водой может быть слабоминерализованная вода, получаемая обратным осмосом, нанофильтрацией, или их комбинацией, или умягченная вода, получаемая нанофильтрацией (например, на установке очистки воды от сульфатов, УОС), осаждением ионов жесткости (например, обработкой известью), ионным обменом, или их комбинацией.

В вариантах осуществления, устройство 30 деминерализации или умягчения воды содержит модули обратного осмоса (ОО), модули нанофильтрации (НФ) или их комбинацию. Например, в вариантах осуществления, устройство 30 деминерализации или умягчения содержит одну или более батарею ОО/НФ, каждая из которых содержит несколько ОО модулей, причем каждый из ОО модулей содержит несколько ОО мембран, и несколько НФ модулей, причем каждый из НФ модулей содержит несколько НФ мембран. В некоторых случаях могут упоминаться УФ фильтры, в зависимости от конкретной конструкции называемые УФ "мембранами". Поток ОО может быть отведен из устройства 30 деминерализации или умягчения воды по линии 32 ОО, и поток НФ может быть отведен из устройства 30 деминерализации или умягчения воды по линии 33 НФ. Для удаления концентрата из батарей ОО/НФ может использоваться одна или более концентратных линий 29.

В другом примере, в варианте осуществления на фиг. 3, представляющей схему II промыслового оборудования, для которого может быть использовано раскрытое здесь средство оптимизации ПВ для распределения утилизации ПВ в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего раскрытия, устройство 30 деминерализации или умягчения содержит систему деминерализации, имеющую три батареи ОО/НФ 30А, 30В и 30С, каждая из которых выполнена с возможностью получения из питательной воды в питательных линиях 21А, 21В и 21С, соответственно, потока ОО или пермеата в линиях ОО

32А, 32В и 32С, соответственно, которые объединяются для формирования потока ОО пермеата в линии ОО 32, и потока НФ или пермеата в линиях НФ 33А, 33В и 33С, соответственно, которые объединяются для формирования потока НФ пермеата в линии НФ 33. Каждая батарея ОО/НФ 30А, 30В и 30С может содержать несколько модулей ОО или их групп, модулей НФ или их групп, или их комбинаций. Например, в варианте осуществления на фиг. 3, батарея ОО 30А содержит модули/группы ОО 31А и модули/группы НФ 31А', батарея ОО 30В содержит модули/группы ОО 31В и модули/группы НФ 31В', и батарея ОО 30С содержит модули/группы ОО 31С и модули/группы НФ 31С. В вариантах осуществления, помимо прочего, модули ОО могут обеспечивать получение воды ОО с минерализацией или общим содержанием растворенных твердых веществ (ОСРТВ) менее или равным примерно 300, 250, 200 ppm. В вариантах осуществления, помимо прочего, модули НФ могут обеспечивать получение воды НФ с минерализацией или общим содержанием растворенных твердых веществ (ОСРТВ) менее или равным примерно 30000, 25000, 20000 ppm. Если количество ПВ (например, в линии 70, описанной далее) высоко, устройство 30 слабоминерализованной или умягченной воды может вырабатывать больше воды с ОО пермеатом и меньше с НФ пермеатом, обеспечивая тем самым смешивание воды ОО с большим количеством ПВ, как это описано далее, при этом поддерживая минерализацию, или ОСРТВ, составного потока для ПНО в пределах целевого или порогового диапазона состава.

В альтернативных вариантах осуществления, устройство 30 деминерализации или умягчения воды содержит установку очистки от сульфатов (УОС) для получения умягченной воды. УОС может содержать несколько модулей НФ для селективного удаления многовалентных ионов для получения воды с пониженным содержанием сульфатов, как это известно в уровне техники.

В вариантах осуществления, где устройство 30 деминерализации или умягчения воды содержит установку очистки от сульфатов (УОС) или установку деминерализации (как описано выше со ссылкой на фиг. 3), может быть использован установленный выше по потоку фильтр, например, устройство 20 ультрафильтрации, для удаления крупных частиц из питательной воды 11, например морской воды (МВ), получаемой из подъемника 10 МВ, для получения питательного потока, вводимого в устройство 30 деминерализации или умягчения воды по впускной линии 21 воды. В мембранной системе деминерализации или умягчения воды питательная вода во впускной линии 21 питательной воды может содержать морскую воду (МВ), солоноватую воду, воду водоносного горизонта, или их комбинацию. Устройство 20 УФ может содержать любые модули УФ, и мембраны могут быть известны специалистам в данной области. В вариантах осуществления, модули УФ или мембраны аналогичны описанным в международном патенте PCT/EP 2017/067443, опубликованным как WO/2018/015223, раскрытие которого полностью включено в настоящее описание для целей, не противоречащих этому раскрытию.

В вариантах осуществления, устройство 30 деминерализации или умягчения воды содержит устройство умягчения воды, использующее ионообменную технологию. Эта ионообменная технология известна в уровне техники, например, описана в международной патентной заявке PCT/US 2009/001816, опубликованной как WO/2009/123683, раскрытие которой полностью включено в настоящее описание для целей, не противоречащих этому раскрытию. Хотя это раскрытие приведено применительно к ионному обмену и регенерации ионообменных смол посредством получаемого насыщенного раствора при его наличии, в вариантах осуществления для регенерации ионообменных смол может быть использован хлорид натрия (NaCl) или другая соль группы IA галоидоводородной кислоты.

В альтернативных вариантах осуществления, устройство 30 деминерализации или умягчения воды содержит устройство, выполненное с возможностью получения умягченной воды путем устранения жесткости (например, многовалентных катионов, например, магния и кальция) из питательной воды в линии 21 питательной воды посредством осаждения. Например, устройство 30 деминерализации или умягчения воды может быть использовано для получения умягченной воды посредством "известкования воды", когда добавление извести (например, гидроксида кальция) используется для удаления жесткости из питательной воды посредством осаждения. Добавление извести (или другого щелочного материала) может быть использовано для повышения pH с тем, чтобы равновесие соединений углерода в воде сдвигалось с преобразованием растворенного диоксида углерода в бикарбонат и далее в карбонат, в результате чего образуется осадок карбоната кальция. Гидроокись магния также может быть осаждена, и известкованием воды можно удалить другие многовалентные катионы, например железа, из питательной воды.

В вариантах осуществления, использующих ионный обмен или осаждение ионов жесткости (например, известкованием воды) для получения умягченной воды для целей ПНО, пластовая вода может использоваться в качестве питательной воды (или, по меньшей мере, ее компонента) в линии 21 питательной воды, тем самым образуя другие средства утилизации ПВ. Этот способ может обладать преимуществом перед деминерализацией мембранами или умягчения мембранами (например, УНС) в вариантах осуществления, где незначительные количества нефти в ПВ обычно отравляют такие мембраны. Возможность получения умягченной воды из ПВ может обеспечивать большую гибкость при утилизации ПВ.

Производительность устройства деминерализации или умягчения воды, или установки 30, может быть определена по общему расходу утилизации ПВ, расходу нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды (например, требования по приемистости для слабоминерализованной или умягченной



воды нагнетательной скважины в одном или более сегментах месторождения для заводнения слабоминерализованной или умягченной водой при ПНО), и (для морских установок) по ограничениям в отношении массы и габаритов. Как показано ниже, поскольку всей закачиваемой водой является или пластовая вода, или слабоминерализованная вода, или умягченная вода для ПНО, разница между расходом нагнетания всей воды (определяемой требованиями по замещению пустот продуктивного пласта) и расходом обратного закачивания ПВ определяет зависимость в потребности добавочной слабоминерализованной или умягченной воды (например, воды ОО). Максимум в этой зависимости может быть использован как основа для определения эффективного размера установки 30 деминерализации или умягчения воды, с учетом непредвиденных обстоятельств или объема пробки (например,  $\pm 10\%$  запас на непредвиденные обстоятельства).

Для утилизации излишков слабоминерализованной или умягченной воды может быть использована линия 36 сброса излишков слабоминерализованной или умягченной воды. В вариантах осуществления, линия 36 сброса может быть использована для сброса излишков воды ОО из линии ОО 32, а другая линия 36 сброса может быть использована для сброса излишков воды НФ из линии 33 НФ. В вариантах осуществления, излишек ОО/НФ воды, утилизируемой через линию 36 сброса ОО/НФ, может быть сброшен в море. Количество потока 33 НФ пермеата или потока 32 ОО пермеата, имеющегося для смешивания при формировании составного потока(ов) слабоминерализованной или умягченной воды для нагнетания при ПНО, может быть быстро скорректировано (в реальном времени) путем отведения изменяющихся количеств потока 33 НФ пермеата или потока 32 ОО пермеата из установки 30 деминерализации, например, в массив воды (например, океан) по "линии сброса" 36 НФ пермеата или ОО пермеата или объединенного ОО/НФ пермеата, оборудованной "разгрузочным клапаном". Разгрузочным клапаном может быть регулируемый клапан (например, дроссельный клапан) который может быть установлен в разные положения (между полностью закрытым и полностью открытым положением) для регулирования количеств НФ пермеата, ОО пермеата или ОО/НФ пермеата, выводимого из системы.

Если отведение лишнего НФ пермеата, лишнего ОО пермеата, или лишнего ОО/НФ пермеата происходит продолжительный период времени, например, часы или дни, то блок управления (например, рассмотренный ниже блок 90 управления) может произвести регулировки в установке 30 деминерализации или получения умягченной воды отключением одного или более НФ модулей из узла НФ или одного или более ОО модулей из узла ОО, тем самым снижая производительность получения НФ пермеата или ОО пермеата, соответственно.

По меньшей мере часть пластовой воды в линии ПВ 83 может быть смешана со слабоминерализованной или умягченной водой в линии 35 слабоминерализованной или умягченной воды через линию 84 смешивания ПВ, сбросом ПВ в коллектор 85 слабоминерализованной или умягченной воды, или то и другое вместе. По меньшей мере, часть слабоминерализованной или умягченной воды в линии 35 слабоминерализованной или умягченной воды может быть введена в линию ПВ 83 через подпиточную линию 37 слабоминерализованной или умягченной водой. Таким образом, часть слабоминерализованной или умягченной воды в линии 35 может быть смешана с ПВ в линии 83 через линию 84 смешивания ПВ для получения потока 35А слабоминерализованной или умягченной воды и ПВ, или поток 83А утилизируемой воды, часть слабоминерализованной или умягченной воды в потоке 35А может быть введена в линию 83 ПВ по подпиточной линии 37 слабоминерализованной или умягченной воды, для получения потока 35В слабоминерализованной или умягченной воды и потока 83С ПВ или утилизируемой воды, часть ПВ в линии 83 может быть смешана посредством линии 85 с потоком 35В слабоминерализованной или умягченной воды, для подачи слабоминерализованной или умягченной воды в поток 35С, и поток 83В ПВ или утилизируемой воды, или их комбинацию. Поток 35С слабоминерализованной или умягченной воды может быть введен во всасывающий манифольд 40 слабоминерализованной или умягченной воды, а поток 83С ПВ или утилизации может быть введен во всасывающий манифольд 50 утилизации. Хотя и маловероятно, в вариантах осуществления питательная вода в линии 21 может быть введена в линию 83 при необходимости для выполнения требований для замещения пустот, например в продуктивный пласт 65 может закачиваться морская вода вместе с утилизируемой водой, содержащей ПВ.

Устройство 60 инжекционной накачки содержит несколько нагнетательных насосов, используемых для накачивания слабоминерализованной или умягченной воды 35С, вводимой через линию(и) 41 от всасывающего манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды через линию(и) 42 или в нагнетательный коллектор 55 утилизации через линию(и) 52, либо накачивания утилизируемой воды 83С, вводимой через линию(и) 51 из всасывающего манифольда 50 утилизации в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии(ям) 42 или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии(ям) 52. Желательно, чтобы устройство накачки содержало достаточно насосов так, чтобы нагнетание из любого манифольда в любой коллектор не ограничивалось располагаемыми возможностями насосов. В варианте осуществления, показанном на фиг. 3, схема II промышленного оборудования содержит четыре нагнетательных насоса 60А, 60В, 60С и 60D. Нагнетательный насос 60А предназначен для накачивания воды из потока 35С, подаваемого по линии 41А из манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42А, или в на-

нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52А, либо для накачивания утилизируемой воды из потока 83С, подаваемого по линии 51А из всасывающего манифольда 50 утилизации, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42А или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52А; нагнетательный насос 60В предназначен для накачивания воды из потока 35С, вводимого в него по линии 41В из манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42В или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52В, или накачивать утилизируемую воду из потока 83С, вводимую по линии 51В из всасывающего манифольда 50 утилизации, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42В или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52В; нагнетательный насос 60С предназначен для накачивания воды из потока 35С, вводимого в него по линии 41С из манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42С или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52С, или накачивать утилизируемую воду из потока 83С, вводимую по линии 51С из всасывающего манифольда 50 утилизации, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42С или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52С; нагнетательный насос 60D предназначен для накачивания воды из потока 35С, вводимого в него по линии 41D из манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42D или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52D, или накачивать утилизируемую воду из потока 83С, вводимую по линии 51D из всасывающего манифольда 50 утилизации, в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 42D или в нагнетательный коллектор 55 утилизации по линии 52D.

Вода может подаваться из нагнетательного коллектора 45 слабоминерализованной или умягченной воды по линии 46 и несколько нагнетателей слабоминерализованной или умягченной воды в один или более сегментов продуктивного пласта 65, и из коллектора 55 утилизации по линии 56 и нескольким нагнетателям утилизации в один или более сегментов продуктивного пласта 65. Например, как показано в варианте осуществления, изображенном на фиг. 3, слабоминерализованная или умягченная вода может быть введена по линии 46 и нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды, и нагнетатели 47А, 47В, 47С и/или 47D слабоминерализованной или умягченной воды, и линию(и) 48 в один или более сегментов продуктивного пласта 65, а утилизируемая вода может быть введена по линии 56 из коллектора 55 утилизации и нагнетателей 57А, 57В, 57С и/или 57D и линии(ям) 58 в один или более сегментов продуктивного пласта 65. Например, продуктивный пласт 65 может содержать любое количество сегментов, например, сегменты 65А, 65В, 65С, 65D, 65Е, 65F, 65G, 65Н, 65I и 65J, согласно варианту осуществления, представленному на фиг. 3. Слабоминерализованная или умягченная вода может быть введена в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенного для ПНО, в то время как утилизируемая вода может вводиться в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенных для утилизации (или в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО, когда ПВ или утилизируемая вода используется как промывочная и послепромывочная вода). Продуктивный пласт 65 может содержать любое число сегментов, выделенных для ПНО и любое число сегментов, выделенных для утилизации, и их распределение может быть изменено в соответствии с описанной здесь динамической оптимизацией ПВ.

Предпочтительно, один или более утилизационных участков или сегментов продуктивного пласта 65 отделены от одного или более сегментов заводнения слабоминерализованной водой, поскольку нежелательно прохождение ПВ из сегмента утилизации в сегмент заводнения слабоминерализованной водой и негативное влияние этого на эффективность ПНО. Например, один или более участков или сегментов могут быть физически отделены различными геологическими образованиями (например, непроницаемыми границами или слоями) и/или пространственно разделены для создания сопротивления перетоку из одного сегмента в другой. Один или более сегментов 65А-65I продуктивного пласта 65 могут быть использованы для вторичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой, один или более сегментов 65А-65I продуктивного пласта 65 могут быть использованы для третичного ПНО с заводнением после вторичного заводнения ПВ, или возможна их комбинация. Сегменты продуктивного пласта могут быть распределены в порядке очередности для нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды в режиме вторичной добычи, нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды в режиме третичной добычи (например, после закачивания ПВ) или для утилизации ПВ, в зависимости от количества имеющейся нефти в каждом сегменте, и от реакции на заводнение слабоминерализованной или умягченной водой в каждом сегменте, например от того, как хорошо пластовая порода реагирует на заводнение слабоминерализованной или умягченной водой в экспериментах по обводнению керена. Сегменты могут быть исходно распределены для вторичного ПНО, третичного ПНО, или утилизации, с общей целью извлечения максимального количества дополнительной нефти при ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой в условиях работы с ограничениями, действующими внутри системы, включая утилизацию всей ПВ. Как показано в патентной заявке GB 1714649.9, раскрытие которой полностью включено в настоящее описание для целей, не противоречащих этому раскры-

тию, минерализацией слабоминерализованной или умягченной нагнетаемой воды для ПНО можно управлять в процессе заводнения слабоминерализованной водой нефтеносного продуктивного пласта, когда пластовая порода, окружающая первую нагнетательную скважину, имеет химические характеристики, отличающиеся от химических характеристик пластовой породы, окружающей вторую нагнетательную скважину, что приводит к разному риску ухудшения коллекторских свойств пласта (например, потери проницаемости), обусловленному закачиванием слабоминерализованной или умягченной ПНО нагнетательной воды из нагнетательной скважины в продуктивный пласт. В таких вариантах осуществления, можно управлять концентрацией одного или более отдельных ионов или по типам отдельных ионов в слабоминерализованной или умягченной ПНО нагнетательной воде(ах), закачиваемой в нагнетательные скважины 47, пробуриваемые в различных сегментах или участках продуктивного пласта 65, имеющих различные характеристики породы, обуславливающие различные риски ухудшения коллекторских свойств пласта.

Поскольку минерализация и ОСРТВ ПВ может быть сравнительно выше в начале операции (так как минерализация реликтовых пластовых вод может быть относительно высока), и снижается со временем по мере того, как слабоминерализованная или умягченная вода проникает в эксплуатационных скважинах в сегментах месторождения, где происходит вторичное заводнение слабоминерализованной или умягченной водой или третичное заводнение слабоминерализованной или умягченной водой, количество ПВ, которое может быть утилизировано путем смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой, может со временем увеличиваться, и раскрытое в настоящем изобретении динамическое распределение ПВ обеспечивает эффективную утилизацию изменяющихся количеств ПВ.

Добыча на месторождении, включающая нефть, пластовую воду и/или газ, извлекаемых из продуктивного пласта 65 через одну или более эксплуатационных скважин, может поступать по линии 72 в сепаратор 75. Сепаратором 75 может быть сепаратор высокого давления/низкого давления (ВД/НД), обеспечивающий отделение товарной нефти, которая может быть направлена по линии 77 на отгрузку, от пластовой воды, которая может направляться по линии 76 в блок, или устройство, 80 обработки ПВ. Обработанная ПВ может отводиться от блока, или устройства, 80 обработки ПВ по линии 81 обработанной ПВ. Например, как показано в варианте осуществления на фиг. 3, продукт, содержащий нефть, ПВ и газ вводится через линию 70 и эксплуатационные скважины 71А, 71В, 71С и 71Д в сепаратор 75 ВД/НД. Сепаратор 75 отделяет товарную нефть в линии 77 от большей части ПВ, которая отводится из сепаратора 75 через линию 76. ПВ в линии 76 может быть подвергнута обработке прохождением через устройство 80 обработки ПВ, например, для извлечения из нее нефти. В вариантах осуществления, сброс ПВ за борт включает обработку ПВ для ее сброса за борт извлечением из нее нефти. Устройством 80 обработки ПВ может быть стандартный модуль обработки воды, приспособленный для удаления нефти из ПВ для приведения ее в соответствие с экологическими требованиями для сбрасываемых вод. Эти нормы могут различаться по регионам, составляя, например, менее 40 ppm нефти в воде.

Как будет показано ниже, распределение ПВ может включать сброс за борт части ПВ в линии 81 обработки ПВ по линии 82 сброса за борт, а остальная часть ПВ в линии 83 может быть закачана обратно в продуктивный пласт 65 через слабоминерализованную или умягченную воду (например, посредством смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой в линии 35 через линию 84 смешивания ПВ, сброса ПВ в линию 85 коллектора слабоминерализованной или умягченной воды, или то и другое) или как утилизируемая вода.

Возвращаясь к фиг. 1, отметим, что динамическое распределение расхода добычи ПВ между процедурой обратного закачивания и процедурой без обратного закачивания на шаге 1Е может включать (а) обратное закачивание в продуктивный пласт 65 посредством смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой в линии 35 через линии 84 и/или 85, и нагнетание в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенного для утилизации; (б) утилизацию одной или более процедурами утилизации без обратного закачивания, или их комбинацией. Когда часть слабоминерализованной или умягченной воды вырабатывается из ПВ, количество ПВ, утилизированной через вырабатывание из нее слабоминерализованной или умягченной воды, предполагается в данном случае включать в (а) обратное закачивание в продуктивный пласт 65 посредством смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой в линии 35 через линии 84 и/или 85 и нагнетания в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО, или обратного закачивания утилизируемой воды в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенного для утилизации.

В вариантах осуществления, утилизация одной или более процедурами без обратного закачивания в (б) содержит отгрузку (и) по линии 77 добытой нефти, (к) сброс за борт через линию 82, или их комбинацию. Количество ПВ, утилизированной через отгрузку (и) в составе добытой нефти по линии 77 и/или сброс в (к) за борт по линии 82 может поддерживаться ниже пороговых значений. Как отмечалось, процедуры утилизации без обратного закачивания могут также включать утилизацию в водоносный горизонт или пласт неглубокого залегания через скважину утилизации. Сброс за борт может оказаться нежелательным по экологическим причинам, и его расход может поддерживаться ниже максимально разрешенного значения для сброса.

Количество ПВ, обратно закачанной в продуктивный пласт в процедуре (а), может быть разделено

среди одного или более из: (в) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды, для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию менее целевого значения минерализации для ПНО и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой; (г) количества ПВ, используемой в качестве рабочей и/или промывочной жидкости, нагнетаемой в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для заводнения слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО, вслед за и/или перед, соответственно, нагнетанием туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО; (д) количества ПВ, используемой во вторичном режиме добычи посредством нагнетания в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для третичного заводнения слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО перед нагнетанием в них пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в третичном режиме добычи; (е) количества ПВ, нагнетаемой потоком утилизации в один или более сегментов продуктивного пласта для утилизации ПВ; и/или (ж) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, минерализация которой меньше пороговой минерализации для целей ПНО, и введения в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с использованием заводнения слабоминерализованной или умягченной водой; и (з) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, минерализация которой превышает пороговую минерализацию для ПНО, и введения в один или более сегментов продуктивного пласта; при этом количества ПВ, распределенные для каждой из процедур (в), (г), (д), (е), (ж) и/или (з), поддерживаются ниже предельных для закачивания для ассоциированных одного или более сегментов пласта.

Динамическое распределение поддерживает расход нагнетания при ПНО, расход нагнетания в зоне утилизации, и расход утилизации без обратного закачивания ниже заданных пределов, обеспечивая утилизацию обратным закачиванием или без обратного закачивания общего расхода отбора ПВ, и соответствует общему расходу по замещению пустот, при котором суммарное количество воды, закачанной обратно в (а), равно требованиям по заполнению пустот.

Таким образом, расход добычи ПВ в линии 72 распределяется между расходом отведения с отгружаемой нефтью в линии 77, расходом сброса за борт через линию 82 сброса за борт и расходом обратного закачивания ПВ (ОЗПВ) в продуктивный пласт 65. Расход ОЗПВ в линии 83 делится между расходом смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой в линии 84 смешивания, расходом объединения со слабоминерализованной или умягченной водой в линии 85 сброса и/или расходом обратного закачивания в продуктивный пласт 65 ПВ в виде утилизируемой воды в 83В.

Динамическое распределение на шаге 1Е может устанавливать очередность распределения пластовой воды сначала для (и) отгрузки в добытой нефти, когда максимально возможное количество ПВ отводится с товарной нефтью. Динамическое распределение на шаге 1Е может устанавливать очередность распределения пластовой воды в последнюю очередь в (з), при этом смешивание некоторого количества ПВ с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию выше порога минерализации для ПНО, и введенной в один или более сегментов продуктивного пласта, используется только тогда, когда всех других процедур утилизации ПВ не достаточно для распределения общего количества ПВ в линии 72. Динамическое распределение на шаге 1Е может устанавливать очередность распределения пластовой воды в предпоследнюю очередь в (к), когда используется максимально возможный в установленных пределах сброс за борт для утилизации ПВ только после максимального использования возможностей всех других процедур утилизации, кроме смешивания ПВ в (з). Таким образом, сброс за борт в (к) может быть использован только при необходимости предотвращения сброса ПВ в коллектор слабоминерализованной или умягченной воды, что привело бы к получению потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО с минерализацией выше пороговой минерализации для ПНО, что, возможно, приведет к потерям при ПНО.

В вариантах осуществления, ПНО проводится скорее через нагнетание пробки слабоминерализованной или умягченной воды, чем через ее непрерывное закачивание. Например, в вариантах осуществления пробка слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО имеет поровый объем менее или равный примерно 0,9, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4 или 0,3. Данные измерений, полученные в 1А, могут включать диапазон состава для ПНО. Поток слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО может иметь состав в соответствии с описанным, например, в международной патентной заявке РСТ/GB 2007/003337, опубликованной как WO/2008/029124, или международной патентной заявке РСТ/US 2009/001816, опубликованной как WO/2009/123683, раскрытие которых полностью включено в настоящее описание для целей, не противоречащих этим раскрытиям. Например, поток слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО (например, смешанный поток ПВ и слабоминерализованной или умягченной воды, или исходно, поток ОО/НФ) может иметь общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в ин-

тервале от 200 до 10000 ppm, и часть общего содержания многовалентных катионов относительно общего содержания многовалентных катионов в реликтовой воде продуктивного пласта 65 может составлять менее 1, или то и другое вместе. Система может иметь датчики, например, датчики S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, показанных в варианте осуществления на фиг. 3, выполненных с возможностью измерения концентрации ионов, например, минерализации, общей концентрации растворенных ионов, или концентраций отдельных ионов ( $C_i$ ), расходов, или комбинации этих параметров в разных потоках, например, пермеата нанофильтрации (S1), пермеата ОО (S2), потока ОО/НФ (S3), потока 35В смеси слабоминерализованной или умягченной воды (S4), потока 35С смеси слабоминерализованной или умягченной воды, введенной в коллектор 40 слабоминерализованной или умягченной воды (S5), потока обработанной ПВ (S6), или потока утилизируемой воды для введения в коллектор 55 утилизации (S7). Датчики концентрации ионов, датчики потока, и любые другие описанные здесь датчики могут обмениваться данными с блоком управления (например, блоком 90 управления) с использованием любых средств связи, например, прямого электрического соединения или беспроводного электрического соединения (например, Wi-Fi, Bluetooth). Другие датчики и места их использования также охватываются настоящим раскрытием.

Как описано в патентной заявке Великобритании GB 1714649.9, различные датчики (зонды) могут быть включены в систему оптимизации ПВ настоящего изобретения, в частности, в смесительную систему. Эти датчики могут быть использованы для определения ОСРТВ и/или ионного состава составного потока(ов) слабоминерализованной или умягченной воды, например, потоков 35А, 35В и/или 35С. Например, ОСРТВ составного потока(ов) слабоминерализованной или умягченной воды может быть определена по ее проводимости, в то время как концентрация отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов может быть определена с использованием стеклянных зондов, имеющих мембраны, проницаемые для конкретных отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов. Аналогично, зонды (датчики) могут быть установлены на одной или более линиях 32/32А/32В/32С пермеата ОО, одной или более линиях 33/33А/33В/33С пермеата НФ, любых объединенных линий 35 пермеата ОО/НФ, или их комбинации, для получения данных, относящихся к ОСРТВ и ионному составу потока(ов) ОО пермеата, потока(ов) НФ пермеата, любого объединенного потока(ов) 35 ОО/НФ пермеата, или их комбинации. На линиях прохождения также могут быть установлены датчики расхода для определения расходов разных подмешиваемых потоков потока(ов) ОО пермеата, потока(ов) НФ пермеата, любого объединенного потока(ов) ОО/НФ пермеата, линии 84 смешивания ПВ, линии 85 сброса ПВ и т.д.) и для определения расходов ОО пермеата в линии сброса ОО и НФ пермеата в линии сброса НФ, или линии 36 сброса объединенного потока ОО/НФ.

Целевой минерализацией для пробки для ПНО (содержащей составной поток 35С слабоминерализованной или умягченной воды и ПВ, или (исходно) поток 35 ОО/НФ) является прогнозируемая минерализация для получения наилучшей ПНО. В вариантах осуществления, целевая минерализация или ОСРТВ для слабоминерализованной или умягченной воды, используемой для ПНО, менее или равна примерно 3000, 2000 или 1500 ppm. Пороговой минерализацией или ОСРТВ является минерализация или ОСРТВ, более высокая, чем целевая минерализация или ОСРТВ, но имеющая максимальные значения, при которых эффект повышения нефтеотдачи (ПНО) из-за заводнения слабоминерализованной или умягченной водой еще сохраняется. В вариантах осуществления, пороговая минерализация или ОСРТВ составляет менее примерно 10000, 9000 или 8000 ppm, или равна этому значению. В вариантах осуществления, вода ОО в линии 32 имеет минерализацию или ОСРТВ менее или равную примерно 300, 250 или 200 ppm, и ПВ (и/или НФ пермеат) смешивается с водой ОО через линию 84 смешивания (и/или линию 33 НФ) для получения смешанной воды, имеющей целевую минерализацию или ОСРТВ, и закачивается обратно в продуктивный пласт 65 в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, а оставшаяся ОЗПВ в линии 83 для обратного закачивания утилизируется посредством нагнетания в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенных для утилизации. В вариантах осуществления, НФ пермеат в линии 33 имеет минерализацию или ОСРТВ в интервале примерно от 40000 до 60000, примерно от 45000 до 55000, или примерно от 47500 до 52500, или примерно равную 40000, 45000 или 50000 ppm. При вводе в эксплуатацию нагнетательной скважины, минерализацией можно управлять, как это описано в патентной заявке GB 1712847.1, под названием "Способ управления минерализацией при сдаче в эксплуатацию скважины нагнетания слабоминерализованной жидкости", раскрытие которой полностью включено в настоящее описание для целей, не противоречащих этим раскрытиям.

В вариантах осуществления, динамическое распределение на шаге 1Е дополнительно включает условие, при котором, если общее количество ПВ для распределения таково, что количество ПВ в процедуре (з) [например, количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию выше пороговой минерализации для ПНО, и вводимой в один или более сегментов продуктивного пласта] не будет равно нулю, один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенных для нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, переводится в сегменты для выделения под утилизацию так, что количество ПВ в (е) [например, количество ПВ, нагнетаемой через поток утилизации в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации ПВ] может быть увеличено, а количество ПВ в (з) останется равным нулю, благодаря чему в остальные из одного

или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, все еще может быть направлена слабоминерализованная или умягченная вода для ПНО, имеющая минерализацию ниже целевой или пороговой минерализации для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, через (в) [например, количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей ОСРТВ и ионный состав в пределах целевого диапазона состава для ПНО, и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой], или (ж) [например, количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей ОСРТВ и ионный состав в пределах порогового диапазона состава для ПНО, и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой]. Таким образом, переназначение одного или более сегментов продуктивного пласта 65 с использования для ПНО на утилизацию позволяет использовать для утилизации лишней ПВ во вновь выделенный сегмент(ы) для утилизации, при сохранении уровня минерализации потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО пригодным для ПНО (например, при уровне минерализации менее или равным целевой минерализации, или, по меньшей мере, менее или равным пороговой минерализации, выше которой ПНО теряет эффективность). Динамическое распределение процедур утилизации ПВ и соответствующего назначения сегмента(ов) продуктивного пласта 65 в качестве сегмента для утилизации или ПНО, в соответствии с настоящим раскрытием, может, таким образом, обеспечить полную утилизацию ПВ, с одновременным поддержанием максимально возможного ПНО.

В вариантах осуществления, количество ПВ, закачанной обратно в продуктивный пласт содержит (в) (количество ПВ, смешанное с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, минерализация которой меньше целевой минерализации для ПНО, введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенного для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой), (е) (количество ПВ, закачанной посредством потока утилизации в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенного для утилизации ПВ), (ж) (количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, с минерализацией меньше пороговой минерализации для целей ПНО, и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой) и (з) (количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, минерализация которой превышает пороговую минерализацию для целей ПНО, и введенной в один или более сегментов продуктивного пласта), и распределение воды устанавливает очередность в порядке (и) (количество ПВ, отводимое в отгружаемой нефти), (в), (е), (ж), (к) (количество ПВ, сброшенной за борт), (з).

В вариантах осуществления, количества ПВ, закачанной обратно посредством процедуры (в) (например, количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющего общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) и ионный состав в пределах целевого диапазона состава для ПНО, и введенного в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенного для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой), (г) (например, количество ПВ, использованной в качестве рабочей и/или промывочной жидкости, нагнетаемой в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой после и/или перед, соответственно, нагнетанием туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО), (д) (например, количество ПВ, используемой во вторичном режиме добычи посредством нагнетания в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной воды, перед нагнетанием туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в третичном режиме добычи), (ж) (например, количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей ОСРТВ и ионный состав в пределах порогового диапазона состава для ПНО, и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой); и (з) (например, количество ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, минерализация которой превышает пороговую минерализацию для целей ПНО, и введенной в один или более сегментов продуктивного пласта), нагнетаются в ассоциированные один или

более сегментов продуктивного пласта 65 через манифольд 40 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, несколько нагнетательных насосов 60 и коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, а количество ПВ обратной закачки посредством (е) для утилизации, нагнетается в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенных для утилизации через манифольд 50 утилизации, несколько нагнетательных насосов 60 и коллектор 55 утилизации. Несколько нагнетательных насосов 60 могут иметь жидкостное соединение с манифольдом 40 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО и манифольдом 50 утилизации, и иметь жидкостное соединение с коллектором 45 слабоминерализованной или умягченной воды и с коллектором 55 утилизации.

В динамическом распределении на шаге 1Е может также учитываться количество сегментов продуктивного пласта 65, доступных для утилизации, количество сегментов продуктивного пласта 65, доступных для слабоминерализованной или умягченной воды при ПНО, требования к параметрам нагнетания, включая целевые и пороговые минерализации, расходы и поровые объемы для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, закачиваемой в сегменты ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой, производительность нагнетательных насосов для манифольда 50 утилизации, производительность нагнетательных насосов для манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, производительность коллектора 45 слабоминерализованной или умягченной воды, производительность коллектора 55 утилизации или их комбинации.

В вариантах осуществления, динамическое распределение на шаге 1Е также учитывает то, что если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) будет превышена производительность насосов для манифольда 40 слабоминерализованной или умягченной воды, нагнетание слабоминерализованной или умягченной воды из него будет сокращено, если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) превышена производительность насосов для манифольда 50 утилизации, будет сокращено нагнетание из него утилизируемой воды, или эти сокращения будут комбинироваться.

В вариантах осуществления, динамическое распределение на шаге 1Е также учитывает то, что если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) будет превышена производительность коллектора 45 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО без превышения производительности первой подгруппы нагнетательных насосов 60, нагнетающих в него воду, один или более сегментов продуктивного пласта 65 переключаются на коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, при этом один или более сегментов переключается от использования для утилизации к распределению для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, для обеспечения дополнительной производительности нагнетания; если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) будет превышена производительность коллектора 55 утилизации без превышения производительности оставшихся нагнетательных насосов 60, накачивающих в него воду, один или более сегментов продуктивного пласта 65 переключается на коллектор 55 утилизации от коллектора 45 слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, при этом один или более сегментов переключается от использования для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО к распределению для утилизации, для обеспечения дополнительной производительности нагнетания, или эти перераспределения будут комбинироваться.

Также раскрывается система для динамического распределения пластовой воды (ПВ) для утилизации в продуктивном пласте в процессе заводнения слабоминерализованной водой. (Хотя далее эта система описана применительно к слабоминерализованному заводнению и слабоминерализованной воде, она также может относиться к заводнению умягченной водой и к умягченной воде). Система представлена на фиг. 4, где изображена блок-схема системы III для динамического распределения ПВ для утилизации в продуктивном пласте в процессе заводнения слабоминерализованной водой. Система III включает: запоминающее устройство 93, хранящее средство 92 динамического распределения (СДР); и процессор 91, обменивающийся данными с запоминающим устройством 93. Средство 92 динамического распределения, при его исполнении процессором 91, конфигурирует процессор 91 для: приема данных продуктивного пласта, содержащих определение распределения одного или более сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для утилизации и одного или более сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для заводнения для ПНО, и общие расходы добычи ПВ (шаг 94); введения в средство 92 динамического распределения данных, содержащих распределение одного или более сегментов продуктивного пласта и общих расходов добычи ПВ (шаг 95); предварительной (качественной) оценки структуры повышенной нефтеотдачи (ПНО) с заводнением слабоминерализованной водой по сегментам для каждого из одного или более сегментов и общей повышенной нефтеотдачи (шаг 96); численной оценки различных процедур и расходов утилизации ПВ с использованием обратным закачиванием и без обратного закачивания (шаг 97); и определения, на основе предварительной оценки на шаге 96 и численной оценки на шаге 97, одного или более маршрутов утилизации для ПВ (шаг 98). Как было показано выше со ссылкой на фиг. 1-3, один или более маршрутов утилизации может содержать: один или более маршрутов утилизации обратным закачиванием, выбранных из (а) смешивания со слабоминерализованным потоком, полученным в устройстве слабой минерализации для получения слабоминерализованной воды для ПНО, для нагнетания в один или более сегментов ПНО с заводнением слабоминерализованной водой; (б) обратным закачиванием в виде воды утилизации в один или более из сегментов утилизации; или

комбинацию этих маршрутов, и/или один или более маршрутов утилизации без обратного закачивания, содержащих (в) отгрузку в добытой нефти; (г) сброс, или комбинация этих маршрутов, при которой расходы утилизации ПВ посредством (а), (в), (в), (г) или их комбинация равны общему расходу отбора ПВ.

Как было показано выше со ссылкой на фиг. 2 и 3, в вариантах осуществления данные, полученные на шаге 94 и/или введенные на шаге 95, могут также включать производительность получения потока слабоминерализованной или умягченной воды в устройстве 30 слабой минерализации, количество нагнетательных насосов 60, доступных для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО из манифольда 40 слабоминерализованной воды для ПНО или утилизируемой воды из манифольда 50 утилизации в коллектор 45 слабоминерализованной воды для ПНО, количество нагнетательных насосов 60, доступных для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО из манифольда 40 слабоминерализованной воды для ПНО или утилизируемой воды из манифольда 50 утилизации в коллектор 55 утилизации, максимальную производительность каждого насоса 60, минимально допустимый расход каждого насоса 60, целевую минерализацию или ОСРТВ (например, целевой диапазон состава) при нагнетании слабоминерализованной воды для ПНО, максимальную допустимую или "пороговую" минерализацию или ОСРТВ для слабоминерализованной воды для ПНО (например, пороговый диапазон состава), запаздывание параметров пластовой воды из-за ПНО с заводнением слабоминерализованной водой (например, прогнозируемое запаздывание в добыче ПВ при ПНО) размер пробки слабоминерализованной воды для ПНО как часть порового объема (ПО) для каждого из сегментов для ПНО со слабоминерализованным заводнением, ПО каждого сегмента, дату начала нагнетания ПВ или слабоминерализованной воды для ПНО для каждого сегмента с ПНО, или комбинацию этих данных. Процессор 91 также может выдавать выходные данные, например, через дисплей 99, показывающие работу устройства 30 приготовления слабоминерализованной или умягченной воды, расходы нагнетательного коллектора и минерализации для каждого нагнетательного коллектора 45 слабоминерализованной или умягченной воды и коллектора 55 утилизации, режим работы каждого нагнетательного насоса 60 и устройства 30 приготовления слабоминерализованной воды (например, режим работы батареи ОО), расходы нагнетания по сегментам или комбинации этих данных.

Процессор 91, может быть использован для идентификации (и выдачи соответствующих данных) режимов использования насоса для различных процедур обратного закачивания, подвергнутых числовой оценке. Процессор может иметь три режима использования насоса, включая первый или "хороший" режим, показывающий, что каждый из нагнетательных насосов 60 предназначен для одного из коллектора 45 слабоминерализованной воды для ПНО или коллектора 55 утилизации; второй режим, или "привлекательный" режим, показывающий, что нагнетательный насос 60 предназначен для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО из манифольда 40 слабоминерализованной воды как в коллектор 45 слабоминерализованной воды для ПНО, так и в коллектор 55 утилизации; и третий режим или "непривлекательный" режим, показывающий, что нагнетательный насос 60 предназначен для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО из манифольда 40 слабоминерализованной воды в коллектор 45 слабоминерализованной воды для ПНО и утилизируемой воды из манифольда 50 утилизации в коллектор 55 утилизации. Если определен любые третьи, или "непривлекательные" режимы, процессор 91 и/или пользователь может пересмотреть расходы и процедуры утилизации для ПВ на шаге 97 и/или определить другие маршруты утилизации для ПВ на шаге 98 увеличением или уменьшением нагнетания в один или более сегментов для получения первого или второго режима для каждого из нагнетательных насосов 60.

В вариантах осуществления, если процессор 91 определяет на шаге 98, что в коллектор 55 утилизации был направлен излишек слабоминерализованной воды для ПНО (например, через подпиточную линию 37 слабоминерализованной или умягченной воды), один или более дополнительных сегментов продуктивного пласта 65 могут быть выделены (например, из сегмента(ов) утилизации) в качестве сегментов для ПНО с нагнетанием слабоминерализованной воды, поскольку стал доступным такой излишек слабоминерализованной воды для ПНО, и данные о таком перераспределении введены в средство 92 динамического распределения (СДР) на шаге 95.

СДР 92 может также потребовать выполнение процессором 91 следующих условий, в дополнение к соблюдению условия, что сумма расходов утилизации ПВ в процедурах (а), (б), (в) и (г) равна общему расходу отбора ПВ: общий расход нагнетания воды в один или более сегментов для ПНО в (а) и один или более сегментов утилизации в (б) больше или равен предполагаемому расходу обратного закачивания ПВ, равному прогнозируемому общему расходу отбора ПВ минус расходы утилизации ПВ через (в) и (г); слабоминерализованный поток для ПНО (например, поток 35С) имеет общую минерализацию равную целевой минерализации; минерализация в коллекторе 45 слабоминерализованной воды для ПНО меньше пороговой минерализации для целей ПНО; устройство 30 приготовления слабоминерализованной воды обладает производительностью по слабоминерализованному потоку достаточной для получения потока слабоминерализованной воды; количество требующихся нагнетательных насосов 60 не превышает общего количества имеющихся нагнетательных насосов 60; каждый из нагнетательных насосов 60 используется в режиме нагнетания сверх минимально допустимого расхода; расходы и минерализации превышают или равны нулю, или имеет место комбинация этих условий.

Процессор 91 может быть сконфигурирован для распределения слабоминерализованного потока (например, в линии 35 слабоминерализованной воды) и ПВ (например, в линии 83 ПВ) между коллекто-



ром 45 слабоминерализованной воды для ПНО и коллектором 55 утилизации, при этом ПВ, закачиваемая обратно через процедуры (а) или (б), в первую очередь направляется в коллектор 55 утилизации для утилизации в соответствии с (б), а слабоминерализованная вода, полученная в устройстве 30 для слабоминерализованной воды, предпочтительно направляется в коллектор слабоминерализованной воды для смешивания со слабоминерализованным потоком для ПНО как в (а).

В вариантах осуществления, устройство 30 приготовления слабоминерализованной воды содержит один или более модулей 31 обратного осмоса (ОО) (например, модулей ОО или групп 31А/31В/31С варианта осуществления на фиг. 3), а процессор 91 может быть дополнительно сконфигурирован для учета производительности модуля 31 ОО для получения ОО воды, и количества имеющихся модулей 31. СДР 92 может дать команду процессору 91 на предпочтительное распределение ОО воды в линию(и) 32 для утилизации посредством смешивания с ПВ, как в (а), смешиванием с водой нанофильтрации (НФ) в случае отсутствия ПВ, например в начальных стадиях ПНО, или и то и другое.

В вариантах осуществления, система III может быть использована для разработки промышленного оборудования, например, оборудования I, показанного на фиг. 2, или оборудования II, показанного на фиг. 3, для ПНО с слабоминерализованным заводнением (например, производительности устройства 30 приготовления слабоминерализованной или умягченной воды, размеров и количества насосов 60 и т.д.), или для анализа и/или перераспределения сегментов продуктивного пласта 65, процедур утилизации ПВ, или того и другого в пределах существующего оборудования для ПНО со слабоминерализованным заводнением. В вариантах осуществления, процессор 91 на шаге 94 вычисляет или принимает данные измерений минерализации слабоминерализованной воды для ПНО, для нагнетания согласно (а) и минерализации утилизируемой воды, и один или более сегментов, выделенных для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО, перераспределяются для утилизации, если численная оценка на шаге 97 показывает, что смешанная вода в (а) имеет минерализацию выше целевой минерализации, или выше пороговой минерализации для использования в ПНО.

Как было описано со ссылкой на те же фиг. 2 и 3, также раскрывается система для одновременного нагнетания слабоминерализованного заводнения и пластовой воды для утилизации в продуктивный пласт 65, содержащий несколько сегментов (например, сегменты 65А-65I в варианте осуществления на фиг. 3), включающая: систему 30 приготовления слабоминерализованной воды, выполненную с возможностью выработки потока слабоминерализованной воды; сепарационную систему 75, выполненную с возможностью отделения товарной нефти, отгружаемой по линии 77 отгрузки нефти, от продукта из промышленной скважины (например, в линии 72), содержащего нефть, ПВ и газ, при этом отводя ПВ в линию 76 для утилизации; нагнетательный манифольд 40 слабоминерализованной воды, имеющий жидкостное соединение по линии 35 слабоминерализованной воды с системой 30 приготовления слабоминерализованной воды; нагнетательный манифольд 50 утилизации, имеющий жидкостное соединение по линии 83 утилизации с сепарационной системой 75; один или более нагнетательных насосов 60, имеющих жидкостное соединение с нагнетательным манифольдом 40 слабоминерализованной воды и нагнетательным манифольдом 50 утилизации; нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной воды, имеющий жидкостное соединение с одним или более нагнетательными насосами 60, посредством которых поток слабоминерализованной воды для ПНО, содержащий, по меньшей мере, часть потока слабоминерализованной воды, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением; нагнетательный коллектор 55 утилизации, имеющий жидкостное соединение с одним или более нагнетательными насосами 60, посредством которых утилизационный поток, содержащий, по меньшей мере, часть ПВ для утилизации, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта 65, выделенных для утилизации; линию 84 смешивания, обеспечивающую жидкостное соединение линии 83 утилизации с линией 35 слабоминерализованной воды, посредством которой часть ПВ для утилизации может быть смешана с потоком слабоминерализованной воды для получения слабоминерализованного потока для ПНО перед введением в манифольд 40 слабоминерализованной воды; и блок управления или систему 90, содержащую процессор 91.

Блок 90 управления может включать ЦП (центральный процессор) 91, запоминающее устройство 93 (например, ОЗУ (оперативную память), ПЗУ (постоянное запоминающее устройство)), жесткий диск, интерфейсы ввода/вывода, дисплей 99 и др., и может быть реализован выполнением в ЦП 91 программы, включающей средство динамического распределения (СДР), и хранящейся в запоминающем устройстве (например, ОЗУ). СДР 92 может конфигурировать процессор 91 (при выполнении его процессором) для выполнения любого из описанных здесь шагов и способов. При этом процессор 91 содержит программные средства, позволяющие ему: определить расходы нагнетания на сегмент, соответствующие требованиям по заполнению пор и нагнетанию для ПНО, с обеспечением динамического распределения всей ПВ для утилизации через один или более маршрутов обратного закачивания, одного или более маршрутов без обратного закачивания или их комбинации, причем один или более маршрутов обратного закачивания выбираются среди введения в нагнетательный коллектор 55 утилизации через линию 83 утилизации, введения в нагнетательный коллектор 45 слабоминерализованной воды через линию 84 смешивания или их комбинацию. Как показано пунктирными линиями на фиг. 2, блок 90 управления может быть использован для регулирования (посредством клапанов, не показанных на фиг. 2) расхода в одной или более из

линии 32 (линии пермеата ОО), линии 33 (линия пермеата НФ), линии 97 (отгрузка ПВ вместе с нефтью), 82 (сброс ПВ за борт), 84 (смешивание ПВ со слабоминерализованной или умягченной водой для достижения целевой или, по меньшей мере, пороговой минерализации), 35 (вода ОО/НФ), линии(й) 36, 37 сброса (объемов подпиточной слабоминерализованной воды в линию утилизации), 85 (сброс ПВ в коллектор слабоминерализованной или умягченной воды с минерализацией выше пороговой).

Как правило, граничные значения (или диапазон состава) для ОСРТВ составного потока(ов) слабоминерализованной воды для нагнетания при ПНО могут находиться в интервале от 200 до 10000 мг/л, предпочтительно, от 500 до 10000 мг/л. Обычно нижние значения интервала ОСРТВ обеспечивают получение более высоких ПНО, в то время как более высокие значения интервала ОСРТВ снижают риск ухудшения коллекторских свойств пласта, особенно в месторождениях, содержащих породы с большой долей разбухающих и/или мигрирующих глин. Другими граничными значениями для ОСРТВ могут быть, например, значения в интервале от 500 до 5000 мг/л, от 500 до 3000 мг/л, от 1000 до 2000 мг/л, 2000 до 5000 мг/л или 3000 до 7000 мг/л (в зависимости от риска ухудшения коллекторских свойств пласта). Этот или другой блок 90 управления может управлять составами слабоминерализованных или умягченных вод для сегментов с ПНО продуктивного пласта, для удержания их в заданных пределах граничных значений ОСРТВ.

В том случае, если имеется риск закисления или образования отложений в продуктивном пласте 65, блок 90 управления может отрегулировать концентрацию аниона сульфата в смешанных слабоминерализованных или умягченных нагнетательных водах для ПНО для сегментов продуктивного пласта до величины менее 100, 50 или 40 мг/л.

Блок 90 управления может быть использован для регулирования общей концентрации многовалентных катионов смешанных слабоминерализованных или умягченных нагнетательных вод для ПНО для сегментов ПНО продуктивного пласта так, чтобы она находилась, например, в интервале от 1 до 250 мг/л, от 3 до 150 мг/л, или от 50 до 150 мг/л, с условием, что отношение содержания многовалентных катионов в смешанной слабоминерализованной нагнетательной воде(ах) к содержанию многовалентных катионов в реликтовой воде, содержащейся в поровом пространстве породы продуктивного пласта, для каждого сегмента или области продуктивного пласта 65, составляет менее 1. Блок управления может использоваться для регулирования концентрации катиона кальция смешанных нагнетательных вод для ПНО для нагнетания в сегменты для ПНО продуктивного пласта 65 так, чтобы она находилась в пределах от 1 до 200 мг/л, 5-150 мг/л, или 50-150 мг/л, с условием, что отношение содержания катиона кальция смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды(вод) к содержанию катиона кальция реликтовой воды, находящейся в поровом пространстве породы продуктивного пласта каждого сегмента или области продуктивного пласта 65, составляет менее 1.

Блок 90 управления можно использовать для регулирования концентрации катиона магния смешанных нагнетательных вод для ПНО для сегментов ПНО продуктивного пласта 65 так, чтобы она находилась в интервале от 2 до 400 мг/л, от 10 до 300 мг/л, или от 100 до 300 мг/л, при условии, что отношение содержания катиона магния смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды(вод) для ПНО к содержанию катиона магния в реликтовой воде, содержащейся в поровом пространстве каждого сегмента или области продуктивного пласта 65, составляет менее 1.

Блок 90 управления может быть использован для регулирования концентрации катиона калия смешанных нагнетательных вод для ПНО для сегментов продуктивного пласта 65 так, чтобы она находилась в пределах от 10 до 2000 мг/л, в частности, от 250 до 1000 мг/л, с условием, что ОСРТВ смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды(вод) для ПНО остается в пределах граничных значений заданного рабочего диапазона.

Блок 90 управления может быть использован для регулирования состава смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды для ПНО, с поддержанием его в заданном диапазоне, определенном граничными значениями для ОСРТВ (и в заданных интервалах, определенных граничными значениями содержания многовалентных катионов, содержания катиона кальция, содержания катиона магния и/или содержания катионов калия) для области перекрытия граничных значений для ОСРТВ (и для области перекрытия граничных значений содержания многовалентного катиона, содержания катиона кальция, содержания катиона магния и содержания катионов калия) для одного или более сегментов и областей продуктивного пласта 65.

Граничные значения для ОСРТВ и концентраций отдельных ионов и концентрации любой добавки стабилизации глин для слабоминерализованной нагнетательной воды для ПНО могут меняться в зависимости от реакции ПНО при заводнении слабоминерализованной водой для каждого сегмента продуктивного пласта 65 и состава породы нефтеносного слоя(ев) каждого сегмента продуктивного пласта 65 и, в частности, от уровней разбухающих и мигрирующих глин и минералов, с которыми, согласно известным данным, может быть связано ухудшение коллекторских свойств пласта.

Блок управления установки 30 деминерализации или умягчения воды может менять работу установки 30 деминерализации или умягчения воды в реальном времени для согласования количеств ОО пермеата, НФ пермеата и подмешиваемых потоков ПВ, которые должны смешиваться, поддерживая этим состав(ы) составных потоков слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в пределах задан-

ного рабочего диапазона(ов), которые были введены в блок управления. Блок 90 управления может автоматически скорректировать смешивание и, значит, количества потока ОО пермеата (например, в линии(ях) 32), НФ пермеата (например, в линии(ях) 33), потока ПВ для смешивания в линии 84 (и любого опционального потока МВ или концентрата стабилизатора глин), или их комбинации, которые включены в составной поток(и) слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО (например, для формирования потока 35С слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО) в ответ на изменения приемистости скважин в одном или более сегментов продуктивного пласта 65.

Граничные значения диапазонов состава для ПНО сегмента(ов) могут быть определены анализом образцов породы продуктивного пласта, взятых из каждой области нефтеносного слоя продуктивного пласта 65. Образцами породы продуктивного пласта могут быть частицы выбуренной породы, или керны, отбираемого из стенки скважины. В альтернативном случае, анализ породы продуктивного пласта, окружающей ствол нагнетательной скважины, может быть выполнен геофизическим каротажем, использующим скважинную каротажную аппаратуру. Анализ породы для каждой области нефтеносного слоя продуктивного пласта 65 может включать, помимо прочего, определение общего содержания аргиллита в продуктивном пласте, окружающем ствол нагнетательной скважины(ин) в различных сегментах или областях продуктивного пласта. Общее содержание аргиллита в породе продуктивного пласта для сегментов или областей продуктивного пласта может быть определено геофизическим каротажем, рентгенодифракционным методом (РДМ), сканирующей электронной микроскопией (СЭМ), сцинтилляционным счетчиком в ИК диапазоне или ситовым анализом. Общее содержание аргиллита в породе продуктивного пласта может составлять в диапазоне от примерно 2 мас.% до примерно 20 мас.%. Анализ породы для каждой области нефтеносного слоя продуктивного пласта может также включать определение содержания минералов в глинистой фракции породы, в частности, глин смектического типа (например, монтмориллонитовой глины), пиррофиллитового типа, каолинитового типа, иллитового типа, хлоритового типа и глауконитового типа, что может быть определено анализом с использованием рентгенодифракционного метода (РДМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Оптимальные минерализации (и составы) для смешанных слабоминерализованных нагнетательных вод для ПНО для каждого сегмента или области продуктивного пласта 65 могут быть определены по корреляциям возникающих ухудшений коллекторских свойств пласта с различными граничными значениями минерализации (и различными концентрациями отдельных ионов или отдельных ионов по типам ионов) для нагнетательной воды для диапазона образцов породы с различным содержанием глин и составов глин, и выбором граничных значений для минерализации (или составов) смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды для образца породы, наиболее близко соответствующего составу породы (например, используя данные за прошедшие периоды) для каждой области продуктивного пласта 65, в которой предполагается ПНО с заводнением слабоминерализованной водой. В альтернативном случае, могут быть проведены эксперименты на образцах породы, взятых из областей продуктивного пласта, где были пробурены нагнетательные скважины 47, с использованием других граничных значений для минерализации и состава (концентраций отдельных ионов и отдельных ионов по типам ионов) для смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды, для определения оптимального диапазона для минерализации и состава для нагнетательных вод, которые должны быть закачаны в каждый сегмент или область продуктивного пласта 65 в процессе ПНО со слабоминерализованным заводнением.

Как правило, производительность нагнетания для смешанной слабоминерализованной воды(вод) для ПНО ограничена недостаточной производительностью установки 30 деминерализации или умягчения воды. Соответственно, слабоминерализованное заводнение для ПНО может быть рассчитано на закачивание пробки малого порового объема (ПО) смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды в нагнетательную скважину(ы) 47, пробуренную в нефтеносный слой каждой области продуктивного пласта 65, в количестве по меньшей мере 0,3 порового объема, предпочтительно по меньшей мере 0,4 порового объема, поскольку пробки, имеющие такие минимальные поровые объемы, стремятся поддерживать свою целостность в внутри пласта месторождения. Для ограничения количества воды, закачанной в каждую область продуктивного пласта из нагнетательной скважины(ин) 47 в вариантах осуществления, поровый объем смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды для ПНО может составлять менее 1 ПО, менее или равен 0,9 ПО, менее или равен 0,7 ПВ, менее или равен 0,6 ПВ, или менее или равен 0,5 ПО.

После нагнетания смешанной слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды для ПНО малого порового объема в нагнетательную скважину(ны) 47, пробуренную в сегмент(ы) продуктивного пласта 65, из нагнетательной скважины(ин) 47, пробуренной в область нефтеносного слоя продуктивного пласта, может быть закачана рабочая вода для гарантии того, что пробка смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды (а значит и отсоединенная по действием вытесняющего агента нефтяная зона) перемещается по нефтеносному слою продуктивного пласта 65 к эксплуатационной скважине 71, пробуренной в области нефтеносного слоя продуктивного пласта 65. Кроме того, нагнетание рабочей воды может быть использовано для поддержания давления в сегменте(ах) или области(ях) продуктивного пласта 65. Обычно рабочая вода имеет более высокий ПО, чем пробка водной вытесняющей жидкости (например, слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды для ПНО).

Как уже отмечалось, рабочей водой может быть пластовая вода или смесь морской воды и пластовой воды, в зависимости от количества пластовой воды, отделенной от добываемых текучих сред на промысловом оборудовании или сепараторе 75. Использование/утилизация пластовой воды в качестве рабочей воды может быть предпочтительно благодаря ограничениям на утилизацию пластовой воды в океане. Соответственно, вслед за нагнетанием пробки слабоминерализованной нагнетательной воды в нагнетательную скважину(ны) 47, пробуренную в области продуктивного пласта 65, эта скважина(ны) 47 могут быть использованы в качестве скважины(ин) утилизации пластовой воды.

Расход и состав составного потока слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды для ПНО могут отслеживаться в реальном времени для определения эффективности изменений, сделанных блоком 90 управления в смешивании для поддержания состава смешанной слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды для ПНО в пределах рабочего диапазона. Если эффективность недостаточна, блок управления может ввести в смешивание дальнейшие изменения. Соответственно, блок 90 управления может иметь контур обратной связи для управляемого смешивания (например, для выработки воды ОО, воды НФ, ПВ воды, МВ или их комбинаций) составного потока(ов) 35С слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО.

Один или более маршрутов утилизации ПВ с обратным закачиванием или без обратного закачивания и компоненты системы на шаге 98 варианта осуществления на фиг. 4 могут соответствовать описанным выше со ссылкой на фиг. 1-3. В вариантах осуществления, программные средства 92 также позволяют проводить динамическое перераспределение одного или более нагнетательных насосов 60 от коллектора 45 слабоминерализованной воды к коллектору 55 утилизации, благодаря чему могут быть удовлетворены возможности по производительности нагнетания коллектора 45 слабоминерализованной воды и коллектора 55 утилизации. В вариантах осуществления, программные средства используют в качестве входных данных общий расход добычи ПВ, и, в случае если распределение всей ПВ для утилизации через отведение с отгружаемой нефтью, сброс за борт, введение в нагнетательный коллектор 55 утилизации через линию утилизации и введение в нагнетательный коллектор 45 через линию смешивания приводит к получению составного слабоминерализованного потока 35С для ПНО, имеющего минерализацию выше пороговой минерализации для целей ПНО, перераспределяют один или более сегментов продуктивного пласта 65, ранее выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением, в качестве сегмента для утилизации так, что составной слабоминерализованный поток 35С для ПНО в линии слабоминерализованной воды поддерживает минерализацию ниже пороговой минерализации или равной целевой минерализации, благодаря чему ПНО со слабоминерализованным заводнением может быть продолжена в остальных сегментах продуктивного пласта 65, выделенных в качестве сегментов для слабоминерализованного заводнения.

Из-за риска ухудшения коллекторских свойств пласта в ходе заводнения слабоминерализованной или умягченной водой при ПНО, в блок 90 управления может быть введено максимально допустимое повышение скважинного давления для нагнетательной скважины(ин) 47/57, пробуренной в сегментах продуктивного пласта 65. Как увеличение скважинного давления в нагнетательной скважине 47/57, пробуренной в одной из областей продуктивного пласта 65, так и падение расхода после нагнетательного насоса(ов) 60, указывает на снижение приемистости скважины из-за ухудшения коллекторских свойств пласта в одном из сегментов продуктивного пласта 65.

Скважинное давление в нагнетательной скважине(ах) 47 вблизи нефтеносного слоя в каждом сегменте продуктивного пласта 65 (или расход смешанной слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды после нагнетательного насоса(ов) нагнетательной системы) может отслеживаться в реальном времени. Давление нагнетательной скважины (ин) 47 может измеряться скважинным измерительным устройством, например, датчиком давления, соединенным с блоком 90 управления, например, по волоконно-оптической телеметрической линии или с использованием другого подходящего средства связи.

Если блок управления 90 определяет, что имеется снижение приемистости для нагнетательной скважины(ин) 47, пробуренной в одной или более из областей продуктивного пласта 65, блок управления может выбрать другой рабочий диапазон для состава составного потока(ов) нагнетательной воды для ПНО, который, согласно прогнозу, имеет меньший риск вызвать ухудшение коллекторских свойств пласта (при сохранении приемлемого уровня ПНО из этой области(ей) продуктивного пласта), и может затем отрегулировать соотношение компонентов смеси разных подмешиваемых потоков (например, слабоминерализованной или умягченной воды, например, ОО пермеата и/или НФ пермеата в линиях 32 и 33, соответственно, ПВ подмешиваемой воды в линии 84 смешивания) так, чтобы состав смешанной слабоминерализованной нагнетаемой воды для ПНО, нагнетаемой в нагнетательную скважину(ы) 47, пробуренную в сегмент(ы) для ПНО продуктивного пласта 65, попал в этот другой рабочий диапазон(ы). Блок управления может продолжать в реальном времени отслеживать скважинное давление в нагнетательной скважине(ах) 47, пробуренной в области(ях) продуктивного пласта 65, где имело место снижение приемистости скважины (или расхода после нагнетательного насоса(ов) 60 для выделенных нагнетательных линий, ведущих к нагнетательной скважине(ам) 47, пробуренным в области(ях) продуктивного пласта 65, где происходил спад приемистости скважин), чтобы определить, как происходит стабилизация давления (или расхода) в ответ на нагнетание смешанной слабоминерализованной нагнетательной воды

для ПНО, состав которой находится в предпочтительном рабочем диапазоне. Если этого не происходит, блок 90 управления может осуществить дальнейшие изменения в работе смесительной системы для адаптации состава составного потока(ов) слабоминерализованной или умягченной нагнетаемой воды для ПНО к другому предпочтительному рабочему диапазону, для которого, по расчетам, риск ухудшения коллекторских свойств пласта ниже. Это итерационный процесс, который может повторяться многократно. В некоторых случаях, блок управления может принять решение снижения расхода слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды для ПНО или прекращения нагнетания слабоминерализованной или умягченной нагнетательной воды для ПНО в нагнетательную скважину(ы) одной или более областей продуктивного пласта 65, если давление продолжает нарастать. Блок управления может также принять решение о закачивании стабилизирующего глину состава (например, неразведенного концентрата стабилизатора глин) в нефтеносный слой(и) области(ей) продуктивного пласта 65, в котором произошло падение приемистости скважины, на срок в несколько дней, перед возобновлением заводнения слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО.

На нагнетание слабоминерализованной или умягченной воды и ПВ влияет расположение скважин начального закачивания в различных сегментах продуктивного пласта или залежи 65. Первоначально, могут быть выделены нагнетательные скважины в сегменте(ах), предназначенных для вторичного заводнения слабоминерализованной или умягченной водой и скважины, и могут быть скважины, выделенные для утилизации ПВ в сегменте(ах), предназначенных для постоянной утилизации ПВ (без какого-либо третичного заводнения слабоминерализованной или умягченной водой). Различные нагнетательные скважины 47/57 для разных сегментов продуктивного пласта 65 обычно пробуривались последовательно с платформы за продолжительный период времени. Некоторые сегменты разрабатывались ранее других сегментов. Для поддержания добычи нефти из эксплуатационных скважин 71 использовалось достаточное нагнетание воды в каждый сегмент (например, для замещения поровых пустот). Опыт работы первых нескольких скважин может дать полезную информацию для выделения разных сегментов для вторичной или третичной ПНО или для утилизации, и для динамического распределения ПВ. Например, могут встретиться неожиданные особенности снижения давления, которые предоставят информацию о гидродинамической связи между нагнетательными и эксплуатационными скважинами и будут способствовать изменению планируемого расположения скважин. Раскрытые здесь система оптимизации распределения ПВ, способ и средство обеспечивают динамическое распределение ПВ между процедурами утилизации с обратным закачиванием и без обратного закачивания на период использования заводнения для ПНО.

Введение слабоминерализованной или умягченной воды в коллектор 55 утилизации посредством одного или более нагнетательных насосов 60 по существу бесполезно, и раскрытые здесь система, способ и средство для динамического распределения ПВ могут дать возможность избежать такой ситуации на основе расчетной оценки использования дополнительных нагнетательных скважин и сегментов продуктивного пласта 65 для нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, если появляется избыток слабоминерализованной или умягченной воды (например, третичное нагнетание слабоминерализованной или умягченной воды в нагнетательную скважину или сегмент продуктивного пласта 65, в который раньше была введена ПВ). Если производительность коллектора 55 утилизации ПВ будет превышена без введения ПВ в коллектор 45 слабоминерализованной или умягченной воды на уровне, превосходящем пороговые значения диапазона состава, с использованием раскрытых системы, способа и средства может быть проведена численная оценка моделированием альтернативных сценариев, при которых не происходит потерь в ПНО при заводнении слабоминерализованной или умягченной водой во всех сегментах, выделенных для ПНО. Например, система, способ и средство в соответствии с настоящим раскрытием могут обеспечивать преобразование одного или более сегментов или скважин продуктивного пласта, ранее предназначенных для ПНО, в сегмент или скважину для утилизации, при сохранении ПНО в оставшихся сегментах, выделенных для ПНО.

Раскрытые выше частные варианты осуществления приведены только для иллюстрации, поскольку настоящее раскрытие может быть модифицировано и использовано другими эквивалентными способами, очевидными специалистам в данной области, изучившими настоящее описание. Кроме того, описанные здесь детали конструкции и решения не предполагают каких-либо их ограничений, помимо описанных в приложенной формуле. Поэтому очевидно, что раскрытые здесь в качестве иллюстрации частные варианты осуществления могут быть изменены или модифицированы, и такие изменения и модификации рассматриваются в пределах области притязаний и существа настоящего раскрытия. Альтернативные варианты осуществления, полученные в результате объединения, сложения и/или исключения признаков варианта(ов) осуществления, также попадают в область притязаний настоящего раскрытия. В то время как составы и способы описаны более широкими терминами "имеющий", "состоящий из", "содержащий" или "включающий" различные компоненты или шаги, составы и способы могут также "состоять в основном из" или "состоять из" различных компонентов и шагов. Использование термина "опционально" по отношению к любому элементу пункта формулы означает, что этот элемент необходим, или, наоборот, элемент не требуется, причем обе альтернативы находятся в пределах области притязаний пункта формулы.

Раскрытые выше количества и интервалы могут изменяться на некоторую величину. Каждый раз, когда раскрывается числовой интервал с нижним пределом и верхним пределом, в частности раскрыва-

ются любое число и любой включенный интервал, попадающие в данный интервал. В частности, каждый интервал величин (вида "от примерно а до примерно b" или, эквивалентно, "от приблизительно а до b", или, эквивалентно, "от приблизительно a-b") раскрытый здесь, следует понимать как устанавливающий каждое число и интервал, заключенный внутри более широкого интервала величин. Кроме того, термины в формуле изобретения имеют свое обычное, общеупотребительное значение, если иное ясно и недвусмысленно не заявлено владельцем патента. Более того, считается, что используемые в формуле неопределенные артикли обозначают один или более чем один из элементов, который она вводит. Если существует какой-либо конфликт в использовании слова или термина в настоящем описании и одном или более патентах или других документах, следует применять толкования, соответствующие настоящему описанию.

Раскрытые здесь варианты осуществления включают.

А. Способ динамического распределения общего количества пластовой воды (ПВ) из продуктивного пласта во время повышенной нефтеотдачи (ПНО) через заводнение слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО, при осуществлении которого: принимают данные измерений, ассоциированные с продуктивным пластом, ПВ и слабоминерализованной или умягченной водой и содержащие: расход отбора ПВ из продуктивного пласта, расход нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, диапазон состава нагнетаемой воды и общий расход нагнетания воды; принимают информацию, описывающую продуктивный пласт, содержащую: одну или более нагнетательных зон для ПНО, расход нагнетания для ПНО, ассоциированный с каждой из одной или более нагнетательных зон для ПНО, одну или более нагнетательных зон утилизации, расход нагнетания в зону утилизации, ассоциированный с каждой из одной или более нагнетательных зон утилизации, одна или более процедур утилизации без обратного закачивания, и расход утилизации без обратного закачивания, ассоциированный с каждой из одной или более процедур утилизации без обратного закачивания; определяют расход смешивания, содержащий, по меньшей мере, часть расхода отбора ПВ и, по меньшей мере, часть расхода нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды для получения смешанной нагнетательной жидкости, при которой расход смешивания поддерживает состав смешанной нагнетательной жидкости в пределах диапазона состава нагнетательной воды; смешивают, по меньшей мере, часть ПВ с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной воды с расходом смешивания; и динамически распределяют расход отбора ПВ среди: (а) обратного закачивания в продуктивный пласт посредством смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой и нагнетания в одну или более нагнетательных зон ПНО, нагнетания в одну или более нагнетательных зон утилизации и их комбинации; (б) утилизации одной или более процедурами утилизации без использования обратного закачивания или их комбинаций, где динамическое распределение поддерживает расход нагнетания для ПНО, расход нагнетания в зоне утилизации и расход утилизации без обратного закачивания ниже заданных порогов, обеспечивает утилизацию всего расхода отбора ПВ обратным закачиванием и без использования обратного закачивания и выполнение требования по полному замещению поровых пустот, при котором совокупное количество воды, закачанной в (а), равно требуемому для замещения пустот.

Б. Система для динамического распределения пластовой воды (ПВ) для утилизации в продуктивном пласте в процессе слабоминерализованного заводнения, включающая: запоминающее устройство, хранящее средство динамического распределения; процессор, обменивающийся данными с запоминающим устройством, причем средство динамического распределения, при его исполнении процессором, конфигурирует процессор для: приема данных продуктивного пласта, содержащих определение распределения одного или более сегментов пласта в качестве сегментов для утилизации и одного или более сегментов пласта в качестве сегментов для заводнения ПНО, и общие расходы отбора ПВ; введения в средство динамического распределения, данных, содержащих распределение одного или более сегментов продуктивного пласта и общие расходы отбора ПВ; предварительной оценки структуры повышенной нефтеотдачи (ПНО) с заводнением слабоминерализованной водой по сегментам для каждого из одного или более сегментов и общей повышенной нефтеотдачи; численной оценки различных процедур и расходов утилизации ПВ с использованием обратного закачивания и без обратного закачивания; и определения, на основе предварительной и численной оценок, одного или более маршрутов для ПВ, содержащих: один или более маршрут утилизации обратным закачиванием, выбранный из (а) смешивания со слабоминерализованным потоком, получаемым установкой приготовления слабоминерализованной воды для ПНО заводнения слабоминерализованной водой, для нагнетания в один или более из сегментов ПНО с заводнением слабоминерализованной водой; (б) обратного закачивания в виде утилизируемой воды в один или более из сегментов для утилизации; или комбинацию этих маршрутов, и/или один или более маршрут без обратного закачивания, содержащий (в) отгрузку в составе добываемой нефти; (г) сброс, или комбинации этих маршрутов, когда расходы утилизации ПВ посредством (а), (б), (в), (г) или их комбинаций равны общему расходу отбора ПВ.

В. Система для одновременного нагнетания заводнения слабоминерализованной водой и пластовой воды для утилизации в продуктивном пласте, имеющем несколько сегментов, включающая: систему приготовления слабоминерализованной воды, выполненную с возможностью выработки потока слабоминерализованной воды; сепаратор, выполненный с возможностью отделения товарной нефти для отгрузки из промыслового продукта, содержащего добываемую нефть, общего объема ПВ для утилизации

и гаа; нагнетательный манифольд слабоминерализованной воды, имеющий жидкостное соединение посредством линии слабоминерализованной воды с системой приготовления слабоминерализованной воды; нагнетательный манифольд утилизации, имеющий жидкостное соединение посредством линии утилизации с сепаратором; один или более нагнетательных насосов, имеющих жидкостное соединение с нагнетательным манифольдом слабоминерализованной воды и нагнетательным манифольдом утилизации; нагнетательный коллектор слабоминерализованной воды, имеющий жидкостное соединение с одним или более нагнетательными насосами, посредством которых слабоминерализованный ПНО поток, содержащий, по меньшей мере, часть потока слабоминерализованной воды, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением; нагнетательный коллектор утилизации, имеющий жидкостное соединение с одним или более нагнетательными насосами, посредством которых утилизационный поток, содержащий, по меньшей мере, часть всей ПВ для утилизации, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта, предназначенных для утилизации; линию смешивания, соединяющую жидкостным соединением линию утилизации с линией слабоминерализованной воды, благодаря которой часть всей ПВ для утилизации может быть смешана с потоком слабоминерализованной воды для получения слабоминерализованного ПНО потока перед его подачей в манифольд слабоминерализованной воды; и систему управления, содержащую процессор с программными средствами (ПС), сконфигурированными для: определения расходов нагнетания на сегмент в соответствии с требованиями по замещению пустот и нагнетания для ПНО, с динамическим распределением всей ПВ для утилизации через один или более маршрутов обратного закачивания, один или более маршрутов без обратного закачивания или их комбинацию, причем один или более маршрутов обратного закачивания выбирают среди введения в нагнетательный коллектор утилизации по линии утилизации, введения в коллектор слабоминерализованной воды по линии смешивания, или комбинации этих маршрутов.

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

Элемент 1, в котором количество ПВ, закачанной обратно в продуктивный пласт в процедуре (а), разделено между одной или более из процедур: (в) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, с минерализацией ниже целевой минерализации для ПНО и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичного или третичного ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой; (г) количества ПВ, использованной в качестве и/или промывочной жидкости, которая нагнетается в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО со слабоминерализованной или умягченной водой после и/или перед, соответственно, нагнетания в нее пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО; (д) количества ПВ, использованной во вторичном режиме добычи посредством нагнетания в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для третичной слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, перед нагнетанием в нее пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в третичном режиме добычи; (е) количества ПВ, закачанной посредством утилизационного потока в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации ПВ; (ж) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию меньше пороговой минерализации для ПНО, и введения в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичной или третичной ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой; и (з) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, минерализация которой выше пороговой минерализации для целей ПНО, и введенной в один или более сегментов продуктивного пласта; причем количества ПВ, распределенной в каждую из процедур из (в), (г), (д), (е), (ж) и (з) поддерживаются ниже пределов закачивания для ассоциированных одного или более сегментов, соответственно.

Элемент 2, в котором пробка слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО имеет поровый объем меньше или равный примерно 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4 или 0,3.

Элемент 3, в котором, при условии, что общее количество ПВ для распределения таково, что количество ПВ в (з) не будет равно нулю, один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, переназначается для утилизации так, что количество ПВ в (е) может быть увеличено, а количество ПВ в (з) остается равным нулю, в результате чего в остальные из одного или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой все еще может подаваться слабоминерализованная или умягченная вода с минерализацией менее целевой или пороговой для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО процедурами (в) или (ж).

Элемент 4, в котором в (б) утилизация одной или более процедурами без обратного закачивания содержит в (и) отгрузку в добываемой нефти, в (к) сброс за борт, или их комбинацию.

Элемент 5, в котором количество ПВ, находящееся в добываемой нефти для отгрузки в (и), поддер-

живается на уровне менее максимального предела для отгрузки, и в котором количество ПВ, сбрасываемой за борт в (к), поддерживается на уровне ниже максимального предела для сброса за борт.

Элемент 6, в котором при распределении устанавливается очередность распределения ПВ сначала в (и), предпоследняя в (к), последняя в (з), или их комбинация.

Элемент 7, в котором в (а) количество ПВ, обратно закачанной в продуктивный пласт, содержит количества в (в), (е) (ж) и (з), и в котором при распределении воды устанавливается очередность распределения воды в порядке (и), (в), (е), (ж), (к), (з).

Элемент 8, в котором количества ПВ, обратно закачанные процедурами (в), (г), (д), (ж) и (з), нагнетаются в ассоциированные один или более сегментов продуктивного пласта через манифольд слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, несколько нагнетательных насосов, и коллектор слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, и в котором количество ПВ, закачанной обратно процедурой (е) для утилизации, нагнетается в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенного для утилизации, через манифольд утилизации, несколько нагнетательных насосов и коллектор утилизации.

Элемент 9, в котором несколько нагнетательных насосов имеют жидкостное соединение с манифольдом слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО и манифольдом утилизации, и жидкостное соединение с коллектором слабоминерализованной или умягченной воды и с коллектором утилизации.

Элемент 10, в котором при распределении также учитывают количество сегментов продуктивного пласта, доступных для утилизации, количество сегментов продуктивного пласта, доступных для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, требования к параметрам нагнетания, включая целевые и пороговые минерализации, расходы и поровые объемы для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, закачиваемой в сегменты ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой, производительность нагнетательных насосов для манифольда утилизации, производительность нагнетательных насосов для манифольда слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, производительность коллектора слабоминерализованной или умягченной воды, производительность коллектора утилизации или их комбинации.

Элемент 11, если при распределении в порядке очередности процедур (и), (в), (е), (ж), (к), (з) будет превышена производительность нагнетательного насоса для манифольда слабоминерализованной или умягченной воды, нагнетание слабоминерализованной или умягченной воды из него будет сокращено, если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) превышена производительность нагнетательных насосов для манифольда утилизации, будет сокращено нагнетание из него утилизируемой воды, или эти сокращения будут комбинироваться.

Элемент 12, если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) будет превышена производительность коллектора слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО без превышения производительности первой подгруппы нагнетательных насосов, накачивающих в него воду, один или более сегментов продуктивного пласта переключаются на коллектор слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, при этом один или более сегментов переключается от использования для утилизации к распределению для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, для обеспечения дополнительной производительности нагнетания; если при распределении в порядке очередности (и), (в), (е), (ж), (к), (з) будет превышена производительность коллектора утилизации без превышения производительности оставшихся нагнетательных насосов, накачивающих в него воду, один или более сегментов продуктивного пласта переключается на коллектор утилизации от коллектора слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, при этом один или более сегментов переключается от использования для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО к распределению для утилизации, для обеспечения дополнительной производительности нагнетания; или эти перераспределения будут комбинироваться.

Элемент 13, в котором сброс ПВ за борт в процедуре (и) включает обработку предназначенной к сбросу ПВ для удаления из нее нефти.

Элемент 14, в котором слабоминерализованной или умягченной водой является слабоминерализованная вода, полученная обратным осмосом (ОО), нанофильтрацией или их комбинацией, или умягченная вода, полученная нанофильтрацией, осаждением ионов жесткости, ионным обменом, или комбинацией этих способов.

Элемент 15, в котором, по меньшей мере, часть умягченной воды получается из ПВ.

Элемент 16, в котором данные дополнительно включают производительность слабоминерализованного потока, вырабатываемого установкой приготовления слабоминерализованной жидкости, количество нагнетательных насосов, имеющихся для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО из манифольда слабоминерализованной воды для ПНО или утилизируемой воды из манифольда утилизации в коллектор слабоминерализованной воды для ПНО, количество нагнетательных насосов, имеющихся для нагнетания слабоминерализованной воды из манифольда слабоминерализованной воды для ПНО или утилизируемой воды из манифольда утилизации в коллектор утилизации, максимальную производительность отдельного насоса, минимально допустимый расход насоса, целевую минерализацию нагнетатель-



ной слабоминерализованной воды для ПНО, максимально приемлемую или "пороговую минерализацию" для слабоминерализованной воды для ПНО, запаздывание параметров пластовой воды из-за ПНО с заводнением слабоминерализованной водой, размер пробки слабоминерализованной воды для ПНО в виде части порового объема (ПО) для каждого из сегментов ПНО с заводнением слабоминерализованной водой, ПО каждого из сегментов, дату начала для нагнетания ПВ или слабоминерализованной воды для ПНО для каждого сегмента, дату начала для ПНО с заводнением слабоминерализованной водой для каждого сегмента, или их комбинация, и в котором процессор вырабатывает выходные данные, характеризующие работу устройства приготовления слабоминерализованной жидкости, расходы и минерализации в нагнетательном коллекторе, использование нагнетательного насоса и устройства приготовления слабоминерализованной жидкости, расходы нагнетания по сегментам, или комбинацию этих данных.

Элемент 17, в котором процессор определяет три режима использования насоса: первый, или "хороший" режим, показывающий, что каждый из нагнетательных насосов предназначен для одного из коллектора слабоминерализованной воды для ПНО или коллектора утилизации; второй, или "приемлемый" режим, показывающий, что нагнетательный насос предназначен для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО как в коллектор слабоминерализованной воды для ПНО, так и в коллектор утилизации; и третий или "неприемлемый" режим, показывающий, что нагнетательный насос предназначен для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО в коллектор слабоминерализованной воды для ПНО и утилизируемой воды в коллектор утилизации.

Элемент 18, дополнительно содержащий повышение или снижение нагнетания в один или более сегментов для получения первого или второго режима для каждого из нагнетательных насосов.

Элемент 19, в котором, если процессор показывает, что в коллектор утилизации направляется избыточное количество слабоминерализованной воды, могут быть выделены один или более дополнительных сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для ПНО с заводнением слабоминерализованной водой, благодаря появлению такого избытка слабоминерализованной воды для ПНО.

Элемент 20, в котором процессор стремится выполнить следующие условия, в дополнение к сохранению условия, что сумма расходов утилизации в процедурах (а), (б), (в) и (г) равна общему расходу отбора ПВ: общий расход нагнетания воды в один или более сегментов для ПНО в (а) и один или более сегментов утилизации в (б) больше или равен предполагаемому расходу обратного закачивания ПВ, равному прогнозируемому общему расходу отбора ПВ минус расходы утилизации ПВ в (в) и (г); общая минерализация потока слабоминерализованной воды для ПНО равна целевой минерализации; уровень минерализации в коллекторе слабоминерализованной воды для ПНО ниже пороговой минерализации для ПНО; производительность устройства приготовления слабоминерализованной воды достаточна для вырабатывания потока слабоминерализованной воды; количество требующихся нагнетательных насосов не превышает общего количества имеющихся нагнетательных насосов; каждый из нагнетательных насосов используется с расходом, превышающим минимально допустимый расход нагнетания; расходы и минерализации выше нуля или равны нулю, или комбинацию этих условий.

Элемент 21, в котором слабоминерализованный поток и ПВ распределены между коллектором слабоминерализованной воды для ПНО и коллектором утилизации, причем ПВ, обратно закачиваемая посредством (а) или (б), преимущественно направляется в коллектор утилизации для утилизации процедурой (б), а слабоминерализованная вода, вырабатываемая в установке приготовления слабоминерализованной жидкости, преимущественно направляется в коллектор слабоминерализованной воды для смешивания, в виде потока слабоминерализованной воды для ПНО, как в (а).

Элемент 22, в котором установка приготовления слабоминерализованной жидкости содержит один или более модулей обратного осмоса (ОО), и в котором процессор учитывает производительность получения воды ОО модулем ОО и количество имеющихся модулей ОО.

Элемент 23, в котором вода ОО предпочтительно смешивается с ПВ, как в (а), смешивается с водой нанофильтрации (НФ) в отсутствие ПВ, например, на начальных стадиях ПНО или в обоих случаях.

Элемент 24, используется для разработки оборудования для ПНО со слабоминерализованным заводнением или для анализа и/или перераспределения процедур утилизации ПВ, сегментов продуктивного пласта как сегментов для ПНО со слабоминерализованным заводнением или сегментов для утилизации или того и другого в рамках существующего оборудования для ПНО со слабоминерализованным заводнением.

Элемент 25, в котором процессор вычисляет минерализацию слабоминерализованной воды для ПНО для нагнетания как в (а) и минерализацию утилизируемой воды, и в котором один или более сегментов, выделенных для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО, перераспределяются для утилизации, если расчетная оценка показывает, что смешанная вода в (а) имеет минерализацию выше целевой минерализации, или выше пороговой минерализации для целей ПНО.

Элемент 26, в котором один или более маршрутов без обратного закачивания выбирают из отгрузки с добываемой нефтью, сброса за борт или их комбинации.

Элемент 27, дополнительно включающий систему обработки ПВ, содержащую устройство удаления нефти, используемое для снижения концентрации нефти в ПВ до уровня ниже или равного примерно 40 ppm нефти в воде.

Элемент 28, в котором система получения слабоминерализованной воды включает обратный осмос, нанофильтрацию, осаждение ионов жесткости, ионный обмен или их комбинацию.

Элемент 29, в котором минерализация потока слабоминерализованной воды составляет менее или равна примерно 300 ppm, а поток слабоминерализованной воды для ПНО имеет целевую минерализацию 1500 ppm или то и другое вместе.

Элемент 30, в котором введением ПВ в коллектор слабоминерализованной воды посредством линии смешивания получают поток слабоминерализованной воды для ПНО с минерализацией менее целевой минерализации.

Элемент 31, в котором целевая минерализация составляет 1500 ppm.

Элемент 32, в котором программные средства также обеспечивают динамическое распределение одного или более нагнетательных насосов от коллектора слабоминерализованной воды к коллектору утилизации, при этом могут быть удовлетворены требования по производительности нагнетания коллектора слабоминерализованной воды и производительности нагнетания коллектора утилизации.

Элемент 33, в котором программные средства принимают в качестве входных данных общий расход отбора ПВ и, в случае если распределение всей ПВ для утилизации через отгрузку с добываемой нефтью, сбросом за борт, введением в нагнетательный коллектор утилизации по линии утилизации, и введением в нагнетательный коллектор слабоминерализованной воды по линии смешивания приводит к получению составного потока слабоминерализованной воды для ПНО с минерализацией выше пороговой минерализации для целей ПНО, перераспределяют один или более сегментов продуктивного пласта, ранее выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением, в качестве сегмента для утилизации так, что составной поток слабоминерализованной воды для ПНО в линии слабоминерализованной воды сохраняет минерализацию ниже порогового уровня минерализации или равным целевой минерализации, при этом ПНО со слабоминерализованным заводнением может быть продолжена в оставшихся сегментах, выделенных в качестве сегментов для слабоминерализованного заводнения.

В то время как были показаны и описаны некоторые варианты осуществления, специалисты могут предложить их модификации, не выходящие за пределы принципов данного раскрытия.

Многие другие модификации, эквиваленты и альтернативы будут очевидны специалистам при внимательном ознакомлении с приведенным выше раскрытием. Подразумевается, что следующая далее формула должна восприниматься как охватывающая эти модификации, эквиваленты и альтернативы там, где они применимы. Соответственно, область защиты ограничена не приведенным выше описанием, а только следующей далее формулой, область притязаний которой включает эквиваленты объекта согласно формуле изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ динамического распределения общего количества пластовой воды (ПВ) из продуктивного пласта при повышенной нефтеотдаче (ПНО) с использованием заводнения слабоминерализованной или умягченной водой для ПНО, при осуществлении которого

принимают данные измерений, ассоциированные с продуктивным пластом, ПВ и слабоминерализованной или умягченной водой, и включающие: расход отбора ПВ из продуктивного пласта, расход при нагнетании слабоминерализованной или умягченной воды, диапазон состава нагнетаемой воды и общий расход нагнетания воды;

принимают информацию о параметрах продуктивного пласта, включающую: одну или более зон нагнетания ПНО, расход нагнетания для ПНО, ассоциированный с каждой из одной или более зон нагнетания ПНО, одну или более зон утилизационного закачивания, расход нагнетания в зону утилизационного закачивания, ассоциированный с каждой из одной или более зон утилизационного закачивания, одну или более процедур утилизации без обратного закачивания, и расход утилизации без обратного закачивания, ассоциированный с каждой из одной или более процедур утилизации без обратного закачивания;

определяют расход смешивания, включающий, по меньшей мере, часть расхода отбора ПВ и, по меньшей мере, часть расхода нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, для получения смешанной нагнетательной жидкости, причем расход смешивания поддерживает состав смешанной нагнетательной жидкости в диапазоне состава нагнетательной воды;

смешивают, по меньшей мере, часть ПВ с, по меньшей мере, частью слабоминерализованной или умягченной воды при упомянутом расходе смешивания; и

динамически распределяют расход отбора ПВ между:

(а) обратным закачиванием в продуктивный пласт посредством смешивания со слабоминерализованной или умягченной водой и нагнетанием в одну или более зон нагнетания ПНО, нагнетанием в одну или более зон нагнетания утилизации, или их комбинацией;

(б) утилизацией одной или более процедурами утилизации без обратного закачивания, или их комбинацией,

причем динамическое распределение поддерживает расход нагнетания при ПНО, расход нагнетания в зоне утилизации и расход утилизации без обратного закачивания ниже заданных порогов, обеспечивает

утилизацию всего расхода отбора ПВ посредством обратного закачивания или без обратного закачивания, и обеспечивает общий расход по замещению пустот, когда суммарное количество воды, закачанной обратно на шаге (а), соответствует требованиям по замещению пустот.

2. Способ по п.1, в котором количество ПВ, закачанное обратно в продуктивный пласт на шаге (а), разделено среди одного или более из:

(в) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию ниже целевой минерализации для целей ПНО и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичной или третичной ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой;

(г) количества ПВ, использованной в качестве рабочей и/или промывочной жидкости, нагнетаемой в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой после и/или перед, соответственно, нагнетанием туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО;

(д) количества ПВ, использованной в режиме вторичной добычи с нагнетанием в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для третичной ПНО с нагнетанием слабоминерализованной или умягченной воды, перед нагнетанием туда пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в третичном режиме добычи;

(е) количества ПВ, закачанной посредством утилизационного потока в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации ПВ;

(ж) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию менее пороговой минерализации для целей ПНО и введенной в виде пробки слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для вторичной или третичной ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой; и

(з) количества ПВ, смешанной с потоком слабоминерализованной или умягченной воды для получения потока слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, имеющей минерализацию выше пороговой минерализации для целей ПНО и введенной в один или более сегментов продуктивного пласта;

причем количества ПВ, распределенные для каждой из процедур (в), (г), (д), (е), (ж) и/или (з), поддерживаются ниже предельных для закачивания для ассоциированных одного или более сегментов пласта.

3. Способ по п.2, в котором пробка слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО имеет поровый объем менее или равный примерно 0,8.

4. Способ по п.2, в котором в процедуре (б) утилизация одной или более процедурами без обратного закачивания содержит (и) отгрузку в составе добываемой нефти, (к) сброс за борт, или комбинацию этих процедур.

5. Способ по п.4, в котором при распределении устанавливаются очередность распределения ПВ сначала процедурой (и), в предпоследнюю очередь процедурой (к), в последнюю очередь процедурой (з) или их комбинацией.

6. Способ по п.4, в котором в процедуре (а) количество ПВ, закачанной обратно в продуктивный пласт, содержит количества согласно (в), (е), (ж) и (з), и при распределении воды устанавливается очередность в порядке (и), (в), (е), (ж), (к), (з).

7. Способ по п.4, в котором количества ПВ, закачанные обратно в процедурах (в), (г), (д), (ж) и (з), нагнетаются в ассоциированные один или более сегментов продуктивного пласта через манифольд слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, несколько нагнетательных насосов и коллектор слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, а количество ПВ, закачанной обратно посредством процедуры (е) для утилизации, нагнетается в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации, через манифольд утилизации, несколько нагнетательных насосов и коллектор утилизации.

8. Способ по п.7, в котором несколько нагнетательных насосов сообщаются с манифольдом слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО и манифольдом утилизации, и сообщаются с коллектором слабоминерализованной или умягченной воды и коллектором утилизации.

9. Способ по п.7, в котором при распределении дополнительно учитывают количество сегментов продуктивного пласта, доступных для утилизации, количество сегментов продуктивного пласта, доступных для ПНО со слабоминерализованной или умягченной водой, требования к параметрам нагнетания, включая целевые и пороговые минерализации, расходы и поровые объемы для слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, нагнетаемой в сегменты ПНО с заводнением слабоминерализованной или умягченной водой, производительность нагнетательного насоса для манифольда утилизации, производительность нагнетательного насоса для манифольда слабоминерализованной или умягченной воды для ПНО, производительность коллектора слабоминерализованной или умягченной воды, производительность коллектора утилизации, или их комбинации.

10. Способ по п.1, в котором слабоминерализованной или умягченной водой является слабоминерализованная вода, полученная обратным осмосом (ОО), нанофильтрацией или их комбинацией, или умягченная вода, полученная нанофильтрацией, осаждением ионов жесткости, ионным обменом или их комбинацией.

11. Способ по п.10, в котором, по меньшей мере, часть умягченной воды получают из ПВ.

12. Система для динамического распределения пластовой воды (ПВ) для утилизации в продуктивном пласте в ходе заводнения слабоминерализованной водой, включающая

запоминающее устройство, хранящее средство динамического распределения; и

процессор, связанный с возможностью обмена данными с запоминающим устройством, причем средство динамического распределения, при его исполнении процессором, обеспечивает конфигурирование процессора для

приема данных продуктивного пласта, содержащих определение распределения одного или более сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для утилизации и одного или более сегментов продуктивного пласта в качестве сегментов для заводнения при ПНО, и общие расходы отбора ПВ;

введения в средство динамического распределения данных, содержащих распределение одного или более сегментов продуктивного пласта и общие расходы отбора ПВ;

предварительной оценки особенностей повышенной нефтеотдачи (ПНО) с заводнением слабоминерализованной водой по сегментам для каждого из одного или более сегментов и общей повышенной нефтеотдачи;

численной оценки различных процедур и расходов утилизации ПВ с использованием обратного закачивания и без обратного закачивания; и

определения, на основе указанных предварительной и численной оценок, одного или более маршрутов для ПВ, содержащих: один или более маршрутов утилизации обратным закачиванием, выбранных из (а) смешивания со слабоминерализованным потоком, полученным посредством установки приготовления слабоминерализованной жидкости для ПНО заводнения слабоминерализованной водой, для нагнетания в один или более из сегментов ПНО с заводнением слабоминерализованной водой; (б) обратного закачивания в виде утилизируемой воды в один или более из сегментов для утилизации; или комбинацию этих маршрутов, и/или один или более маршрутов без обратного закачивания, содержащих (в) отгрузку в составе добываемой нефти; (г) сброс, или комбинацию этих маршрутов, когда расходы утилизации ПВ посредством операций (а), (б), (в), (г) или их комбинации равны общему расходу отбора ПВ,

причем, по меньшей мере, часть ПВ смешивается с потоком слабоминерализованной воды и закачивается в один или более сегментов ПНО заводнения слабоминерализованной водой.

13. Система по п.12, в которой обеспечивается распределение слабоминерализованного потока и ПВ между коллектором слабоминерализованной воды для ПНО и коллектором утилизации, и обеспечивается направление ПВ, обратно закачиваемой в процедурах (а) и (б), в первую очередь в коллектор утилизации для утилизации процедурой (б), и обеспечивается предпочтительное направление слабоминерализованной воды, получаемой в установке приготовления слабоминерализованной жидкости, в коллектор слабоминерализованной воды для смешивания в виде слабоминерализованного потока для ПНО, как в процедуре (а).

14. Система по п.12, в которой установка приготовления слабоминерализованной жидкости содержит один или более модулей обратного осмоса (ОО), и процессор выполнен с возможностью учитывания производительности вырабатывания воды ОО в модуле ОО и количество имеющихся модулей ОО.

15. Система по п.14, в которой обеспечивается предпочтительное смешивание воды ОО с ПВ как в процедуре (а), и смешивание с водой нанофильтрации (НФ) в случае отсутствия ПВ, как на начальных стадиях ПНО, или в обоих случаях.

16. Система по п.12, используемая для разработки оборудования для ПНО со слабоминерализованным заводнением или для анализа и/или перераспределения процедур утилизации ПВ, сегментов продуктивного пласта как сегментов для ПНО со слабоминерализованным заводнением или сегментов для утилизации, или того и другого в рамках существующего оборудования для ПНО со слабоминерализованным заводнением.

17. Система по п.12, в которой процессор выполнен с возможностью вычисления минерализации слабоминерализованной воды для ПНО для нагнетания как в процедуре (а) и минерализации утилизируемой воды, и один или более из сегментов, выделенных для нагнетания слабоминерализованной воды для ПНО, перераспределяются для утилизации, если численная оценка показывает, что смешанная вода в процедуре (а) имеет минерализацию выше целевой минерализации или выше пороговой минерализации для ПНО.

18. Система для одновременного нагнетания заводнения слабоминерализованной водой и пластовой воды (ПВ) для утилизации в продуктивном пласте, имеющем несколько сегментов, включающая

систему приготовления слабоминерализованной воды, выполненную с возможностью вырабатывания потока слабоминерализованной воды;

сепаратор, выполненный с возможностью отделения товарной нефти для отгрузки из промыслового продукта, содержащего добываемую нефть, общий объем ПВ для утилизации и газ;

нагнетательный манифольд слабоминерализованной воды, сообщающийся посредством линии слабоминерализованной воды с системой приготовления слабоминерализованной воды;

нагнетательный манифольд утилизации, сообщающийся посредством линии утилизации с сепаратором;

один или более нагнетательных насосов, сообщающихся с нагнетательным манифольдом слабоминерализованной воды и нагнетательным манифольдом утилизации;

нагнетательный коллектор слабоминерализованной воды, сообщающийся с одним или более нагнетательными насосами, посредством которых слабоминерализованный ПНО поток, содержащий, по меньшей мере, часть потока слабоминерализованной воды, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением;

нагнетательный коллектор утилизации, сообщающийся с одним или более нагнетательными насосами, посредством которых утилизационный поток, содержащий, по меньшей мере, часть всей ПВ для утилизации, может быть закачан в один или более сегментов продуктивного пласта, выделенных для утилизации;

линию смешивания, соединяющую линию утилизации с линией слабоминерализованной воды,

посредством которых часть всей ПВ для утилизации может быть смешана с потоком слабоминерализованной воды для получения слабоминерализованного потока для ПНО перед его подачей в манифольд слабоминерализованной воды; и

систему по п.12 для динамического распределения ПВ для утилизации в продуктивном пласте, в которой процессор имеет программные средства, сконфигурированные для

определения расходов нагнетания на сегмент, удовлетворяющий требованиям по замещению пустот и нагнетанию для ПНО, с одновременным динамическим распределением всей ПВ для утилизации через один или более маршрутов обратного закачивания, один или более маршрутов без обратного закачивания или их комбинацию, причем (а) включает введение в коллектор слабоминерализованной воды по линии смешивания, а (б) включает введение в нагнетательный коллектор утилизации по линии утилизации.

19. Система по п.18, в которой один или более маршрутов без обратного закачивания выбирается из отгрузки с добываемой нефтью, сброса за борт или комбинации этих маршрутов.

20. Система по п.18, дополнительно включающая систему обработки ПВ, содержащую устройство удаления нефти, используемое для снижения концентрации нефти в ПВ до уровня менее или равного примерно 40 ppm нефти в воде.

21. Система по п.18, в которой система приготовления слабоминерализованной воды включает обратный осмос, нанофильтрацию, осаждение ионов жесткости, ионный обмен или их комбинацию.

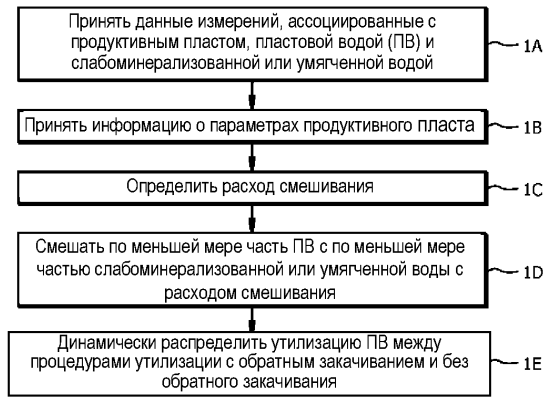
22. Система по п.21, в которой поток слабоминерализованной воды имеет минерализацию менее или равную примерно 300 ppm, при этом слабоминерализованный поток для ПНО имеет целевую минерализацию 1500 ppm, или то и другое вместе.

23. Система по п.18, в которой при введении ПВ в коллектор слабоминерализованной воды по линии смешивания обеспечивается слабоминерализованный поток для ПНО с минерализацией ниже целевой минерализации.

24. Система по п.18, в которой программные средства дополнительно обеспечивают динамическое распределение одного или более нагнетательных насосов от коллектора слабоминерализованной воды к коллектору утилизации, при этом могут быть выполнены требования по производительности нагнетания коллектора слабоминерализованной воды и производительности нагнетания коллектора утилизации.

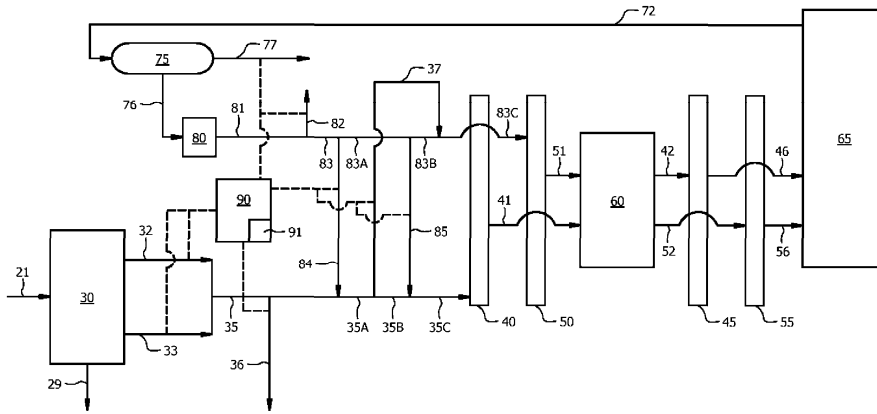
25. Система по п.18, в которой обеспечивается прием программными средствами, в качестве входных, данных об общем расходе отбора ПВ и, в случае если распределение всей ПВ для утилизации через отгрузку с добываемой нефтью, сбросом за борт, введением в нагнетательный коллектор утилизации по линии утилизации и введением в нагнетательный коллектор слабоминерализованной воды по линии смешивания приводит к получению составного потока слабоминерализованной воды для ПНО с минерализацией выше пороговой минерализации для целей ПНО, обеспечивается перераспределение одного или более сегментов продуктивного пласта, ранее выделенных для ПНО со слабоминерализованным заводнением, в качестве сегмента для утилизации так, что составной поток слабоминерализованной воды для ПНО в линии слабоминерализованной воды сохраняет минерализацию ниже порогового уровня минерализации или равным целевой минерализации, при этом ПНО со слабоминерализованным заводнением может быть продолжена в оставшихся сегментах, выделенных в качестве сегментов для слабоминерализованного заводнения.

I



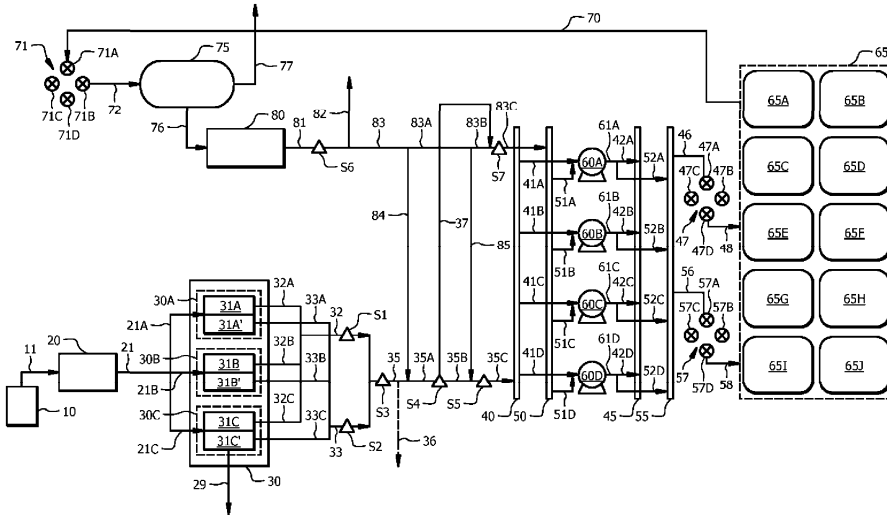
Фиг. 1

I



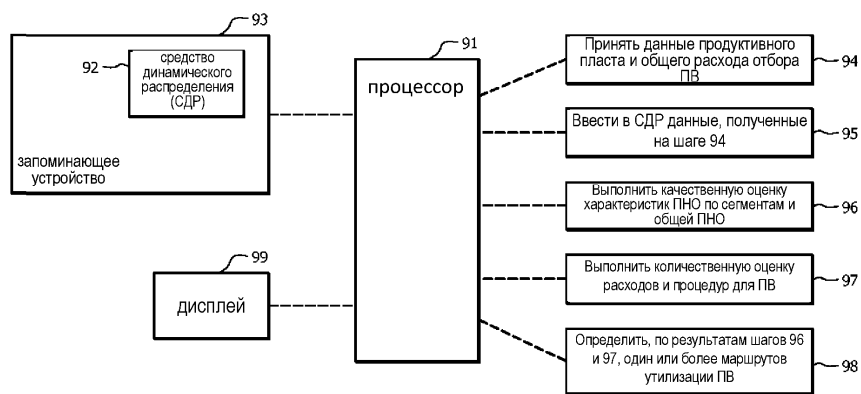
Фиг. 2

II



Фиг. 3

III



Фиг. 4

