

Настоящее изобретение относится к способу извлечения углеводов из пористой подземной несущей углеводороды формации инъекцией нагнетаемой воды низкой солености, обладающей общим содержанием растворенных твердых частиц от 200 до 5000 ч./млн, в котором нагнетаемую воду низкой солености предварительно готовят обессоливанием морской воды осмосом.

Имеется сообщение о том, что соленость нагнетаемой воды может оказывать наибольшее влияние на извлечение углеводов во время заводнений, причем при применении разбавленных соляных растворов извлечение возрастает (см., например, "Labs Spin Out Oilfield Technologies", American Oil & Gas Reporter, Vol. 41, № 7, July 1988, 105-108; "Effect of brine composition on recovery of Moutray crude oil by waterflooding", Journal of Petroleum Science and Engineering 14 (1996), 159-168; и "Prospects of improved oil recovery related to wettability and brine composition", Journal of Petroleum Science and Engineering 20 (1998), 267-276).

Упрочившийся метод обессоливания известен как "обратный осмос", который в действительности представляет собой метод "сверхтонкой фильтрации" через мембрану, обладающую мелкими микропорами, за счет разницы давлений на раствор морской воды и через мембрану. Однако проблемы, связанные с обратным осмосом, включают нецелесообразно малое общее количество экстрагированной воды как продукта в результате необходимости преодолевать и/или наличия, по меньшей мере, более чем равного нормального потока осмоса, в противоположном направлении, и разрушения мембраны в результате крайне высоких давлений, необходимых при обратном осмосе, в сочетании с тонкой и ломкой мембраной, требующейся для достижения или приближения к почти адекватной скорости потока экстрагированной воды через мембрану.

Альтернативным методом обессоливания является осмос (также называемый "прямым осмосом"). Осмос включает приложение давления к первому водному раствору (например, к морской воде) для действия осмосу воды через осмотическую мембрану во второй водный раствор, включающий способное удаляться растворенное в нем вещество, с получением разбавленного раствора, где концентрация растворенного вещества во втором растворе превышает концентрацию растворенного вещества в первом растворе и где осмотическая мембрана обладает достаточно малым размером пор для того, чтобы исключить прохождение через нее растворенного вещества первого водного раствора и способного удаляться растворенного вещества второго водного раствора. После этого способное удаляться растворенное вещество практически удаляют из разбавленного раствора.

US 3171799 относится к деминерализации воды с использованием системы, в которой две массы соленой воды, например морской воды, разделяют полупроницаемой мембраной. Затем в одну из масс воды добавляют летучее растворенное вещество. Добавление летучего растворенного вещества вызывает миграцию чистой воды, т.е. воды, по существу, не содержащей солей, через мембрану из раствора, который не содержит летучего растворенного вещества, благодаря чему в этом последнем растворе происходит разбавление растворенных веществ, включая соли. Это разбавление продолжают до тех пор, пока не достигают целевого уровня концентрации нелетучей соли. Затем летучее растворенное вещество удаляют. При осуществлении этого способа получают, как сказано, крайне разбавленный раствор нелетучих солей, который обладает достаточно низкой их концентрацией для того, чтобы быть приемлемым для питья, получения водяного пара и т.д. Концентрация нелетучих солей в данном растворе может быть понижена установкой ряда ячеек для осмоса, которые последовательно понижают концентрацию нелетучих солей. Сказано также, что деминерализация может быть достигнута с использованием системы, включающей полупроницаемую мембрану, с одной стороны которой имеется солевой раствор, а с другой ее стороны имеется раствор пресной воды, содержащий летучее растворенное вещество. Приемлемые летучие растворенные вещества включают, как сказано, аммиак, диоксид серы, метилацетат и ацетонитрил.

US 3617547 относится к способу, приемлемому для обессоливания морской воды или другой солевой содержащей воды, когда растворитель в растворе, включающем растворенное вещество, которое трудно отделить от растворителя, экстрагируют пропусканием растворителя через проницаемую мембрану в раствор, включающий растворитель и растворенное вещество, легко отделяющееся от растворителя. Растворенное вещество (осмотический агент) для принимающего раствора легко отделяют от растворителя осаждением, в результате чего остается существенно более чистый растворитель как продукт. Так, например, осмотический агент может представлять собой растворенное вещество, которое растворимо при повышенных температурах и существенно менее растворимо при более низких температурах, вследствие чего оно осаждается и выделяется из раствора. Эта мембрана проницаема для растворителя и непроницаема для растворенного вещества, которое трудно отделить от растворителя, и для осмотического агента. Раствор, содержащий осажденный осмотический агент, как правило, переносят на фильтр, где осажденный осмотический агент отделяют от растворителя. В качестве альтернативы удалению осмотического агента осаждением при более низкой температуре можно использовать осмотические агенты, которые могут быть окислены или восстановлены до менее растворимой формы, а затем удалены фильтрованием и повторным превращением в осмотический агент для повторного использования. Примеры включают хлорид двухвалентной меди, который обладает высокой растворимостью при комнатной температуре и низкой растворимостью, когда его восстанавливают с получением хлорида одновалентной меди, и ацетат

двухвалентного железа, который хорошо растворим при комнатной температуре, но когда его окисляют, он образует основной ацетат трехвалентного железа, который является нерастворимым.

Известно также, что нагнетаемая вода, используемая для заводнения, должна быть совместимой с формационной водой. Так, например, воды подземных формаций могут включать естественные ионы, такие как бариевый (например, в концентрации до 3000 ч./млн, в частности от 50 до 500 ч./млн) и обычно также кальциевый (например, в концентрации до 30000 ч./млн, в частности от 1000 до 5000 ч./млн), причем оба находятся в форме растворимых хлоридов, но также в присутствии сульфатных ионов, вследствие чего вода насыщена сульфатом бария, а обычно также сульфатом кальция. Эта формационная вода может входить в контакт с морской водой, которая может включать предшествующие ионы осадка, такие как растворимые карбонатные (например, в количестве от 100 до 5000 ч./млн) и сульфатные (например, в количестве от 1000 до 3500 ч./млн). Смешение обеих вод образует водный перенасыщенный раствор сульфата бария, и/или карбоната бария, и/или сульфата кальция, и/или карбоната кальция, из которых на поверхностях осаждаются отложения, включающие эти соединения. Контактное взаимодействие обеих вод может происходить в формации, когда морскую воду, содержащую предшествующие ионы осадка, инжектируют в формацию по нагнетательной скважине на некотором расстоянии от продуктивной скважины с целью увеличить добычу нефти (т.е. обработка заводнением). Образование отложений может происходить в продуктивной скважине или после нее, например в трубопроводе, идущем от скважины к сепаратору, или в газожидкостных сепараторах (для отделения нефти/воды от газа), или в транспортировочных трубопроводах, отходящих от газожидкостных сепараторов. Карбонатные отложения могут, в частности, образовываться в газожидкостном сепараторе или после него вследствие уменьшения давления газа, что вызывает образование нерастворимого карбоната кальция из растворимого бикарбоната кальция.

US 4723603 относится к способу уменьшения или предотвращения закупорки каналов для текучей среды в несущих углеводороды формациях и в продуктивных скважинах, которая вызвана накоплением в них осадков нерастворимых солей. Этой цели добиваются удалением большинства или всех предшествующих ионов осадков нерастворимых солей из нагнетаемой воды на поверхности перед инъекцией воды в формацию. Так, например, несоответствующим предшествующим ионам позволяют взаимодействовать с ионами, уже содержащимися в формации, с образованием значительных количеств осадков нерастворимых солей. Предшествующие ионы осадков нерастворимых солей удаляют с помощью мембраны обратного осмоса. Однако, как обсуждалось выше, недостаток систем обратного осмоса состоит в том, что в них под давлением в питающей линии должны находиться большие количества воды.

Было установлено, что для получения нагнетаемой воды низкой солености с использованием поступательного осмоса может быть достигнута значительная экономия энергии. Было установлено также, что мембрана установки обессоливания поступательным осмосом может быть адаптирована к обладанию ионной избирательностью, вследствие чего растворенное вещество обладает пониженной концентрацией предшествующих осадку ионов при одновременной гарантии того, что общее количество растворенных твердых частиц в нагнетаемой воде низкой солености находится в целевом интервале от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн. Дополнительное преимущество поступательного осмоса заключается в том, что эту мембрану можно использовать для отделения первого водного раствора, который представляет собой воду высокой солености, такую как морская вода, от второго водного раствора, содержащего способное удаляться растворенное вещество, также находящееся в воде высокой солености, такой как морская вода, благодаря чему второй водный раствор разбавляют до целевой общей солености посредством миграции воды из первого во второй водные растворы через мембрану. И тем не менее еще одно преимущество применения поступательного осмоса при получении нагнетаемой воды низкой солености состоит в том, что часть растворенного вещества, которое используют для проведения процесса поступательного осмоса, может быть задержана в обработанной воде низкой солености при условии, что общее содержание растворенных твердых частиц в нагнетаемой воде находится в целевом интервале. В предпочтительном варианте при образовании "отложений" в формации растворенное вещество, используемое для проведения обратного осмоса, не выполняет функций предшествующего осадку иона.

Таким образом, в соответствии с первым вариантом выполнения настоящего изобретения его объектом является способ извлечения углеводородов из пористой подземной несущей углеводороды формации, включающий:

(а) подачу первого потока, включающего воду высокой солености, к первой стороне полупроницаемой мембраны по меньшей мере одной ячейки осмоса обессоливающей установки и подачу второго потока, включающего водный раствор способного удаляться растворенного вещества, ко второй стороне полупроницаемой мембраны, где концентрация растворенного вещества в водном растворе способного удаляться растворенного вещества достаточно превышает концентрацию растворенного вещества в воде высокой солености для того, чтобы вода проходила через полупроницаемую мембрану из воды высокой солености в водный раствор способного удаляться растворенного вещества с образованием разбавленного водного раствора способного удаляться растворенного вещества;

(б) удаление третьего потока, включающего высококонцентрированный соляной раствор, и четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, соот-

ветственно с первой и второй сторон полупроницаемой мембраны ячейки осмоса;

(в) по существу, выделение способного удаляться растворенного вещества из четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, с получением потока воды низкой солености, обладающего общим содержанием растворенных твердых частиц меньше 5000 ч./млн;

(г) повышение, если необходимо, солености потока воды низкой солености до общего содержания растворенных твердых частиц по меньшей мере 200 ч./млн, предпочтительно по меньшей мере 500 ч./млн;

(д) введение обработанной воды низкой солености в несущую углеводороды формацию посредством нагнетательной скважины;

(е) вытеснение углеводородов обработанной водой низкой солености в направлении соответствующей продуктивной скважины и

(ж) извлечение углеводородов из формации посредством продуктивной скважины.

Преимущество осмоса состоит в том, что вода обладает тенденцией к диффундированию через полупроницаемую мембрану из воды высокой солености в более концентрированный водный раствор способного удаляться растворенного вещества. Таким образом, в отличие от системы обратного осмоса, при этом отсутствует осмотическое давление (часто называемое "трансмембранным давлением"), которое необходимо устранить для того, чтобы вода проходила через мембрану. Таким образом, ячейка (ячейки) осмоса может работать под более низким давлением, чем установка обратного осмоса, снижая, таким образом, потребности в накачивании и опасность разрыва мембраны. Дополнительное преимущество способа по настоящему изобретению состоит в том, что при этом отсутствует потребность в удалении способного удаляться растворенного вещества до очень низких уровней загрязняющих примесей, необходимых для питьевой воды.

В предпочтительном варианте осуществление способа по настоящему изобретению приводит к повышению извлечения углеводородов из несущей углеводороды формации по меньшей мере на 5%, предпочтительно по меньшей мере на 10%, например в интервале от 10 до 20%, если сравнивать с обработкой заводнением с использованием необработанной воды высокой солености.

Полупроницаемая мембрана ячейки (ячеек) осмоса должна быть, по меньшей мере, способной предотвращать прохождение через себя значительных количеств растворенных твердых частиц, одновременно с тем позволяя проходить через себя воде и, таким образом, разбавляя водный раствор способного удаляться растворенного вещества. Полупроницаемая мембрана ячейки (ячеек) осмоса должна также быть способной предотвращать прохождение способного удаляться растворенного вещества через себя из водного раствора способного удаляться растворенного вещества в воду высокой солености. В целесообразном варианте мембрана осмоса представляет собой мембрану сверхтонкой фильтрации, обладающую номинальным размером пор меньше 0,001 мкм. В предпочтительном варианте мембрана ячейки (ячеек) осмоса представляет собой плоскую мембрану, спирально свернутую мембрану или трубчатую мембрану (включая сюда мембраны круглого, квадратного, прямоугольного или треугольного поперечного сечения), размещенную внутри корпуса. В предпочтительном варианте мембрана представляет собой спирально свернутую мембрану или (трубчатую) мембрану из полых волокон.

Существует множество технически доступных полупроницаемых мембран, характеризующихся наличием малых пор, благодаря которым молекулы воды могут проходить свободно, в то время как молекулы способного удаляться растворенного вещества через нее не проходят или их прохождение, по меньшей мере, значительно затруднено. Эти полупроницаемые мембраны могут представлять собой органические мембраны, выполненные из таких материалов, как ацетат целлюлозы, нитрат целлюлозы, полисульфон, поливинилиденфторид, полиамид и акрилонитрильные сополимеры; минеральные мембраны или керамические мембраны, выполненные из таких материалов, как  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , смешанный оксид  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , и  $\text{ZrO}_2$ . Мембраны могут быть композитами различных материалов, уже упомянутых и разработанных для конкретных целей применения.

В предпочтительном варианте первый поток, включающий воду высокой солености, который направляют к первой стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса (в дальнейшем "поток исходной воды высокой солености"), обладает общим содержанием растворенных твердых частиц (общей соленостью) по меньшей мере 10000 ч./млн, более предпочтительно по меньшей мере 20000 ч./млн, например по меньшей мере 30000 ч./млн. В предпочтительном варианте поток исходной воды высокой солености выбирают из группы, включающей морскую воду, воду устья реки и промышленные воды (формационная вода и прорывная морская вода). В предпочтительном варианте перед направлением в ячейку осмоса поток исходной воды высокой солености фильтруют для удаления, например, мусора и порошкообразного материала.

Когда поток исходной воды высокой солености включает морскую воду, он обладает таким типичным составом, как приведенный ниже.

Компонент	Концентрация (част./млн)
Хлорид	18980
Бромид	65
Сульфат	2649
Бикарбонат	140
Фторид	1
Борная кислота	26
Магний	1272
Кальций	400
Стронций	13
Калий	380
Натрий	10556
Всего	34482

Второй поток, включающий водный раствор способного удаляться растворенного вещества, который направляют ко второй стороне полупроницаемой мембраны (в дальнейшем "поток исходного способного удаляться растворенного вещества"), обладает более высокой осмомолярностью, чем поток воды высокой солености, который направляют к первой стороне полупроницаемой мембраны. Это, как правило, может быть достигнуто гарантией того, что общее содержание растворенного вещества в потоке исходного способного удаляться растворенного вещества по меньшей мере на 150000 ч./млн выше общего содержания растворенного вещества в потоке воды высокой солености. Таким образом, способное удаляться растворенное вещество выполняет задачу содействия миграции воды через полупроницаемую мембрану ячейки (ячеек) осмоса. Соответственно, вода проходит (диффундирует) через полупроницаемую мембрану без приложения давления. Однако предусмотрен также вариант того, что скорость диффузии воды через полупроницаемую мембрану может быть увеличена приложением давления с первой стороны полупроницаемой мембраны. Поток исходной воды высокой солености, как правило, должен быть направлен к первой стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса под абсолютным давлением в интервале от 0,5 до 16 бар, предпочтительно от 3 до 10 бар. В предпочтительном варианте расход воды через полупроницаемую мембрану ячейки (ячеек) поступательного осмоса находится в интервале от 1 до 100 л/м<sup>2</sup>/ч, предпочтительнее от 15 до 40 л/м<sup>2</sup>/ч (где "расход" определяют как объем воды, проходящей через 1 м<sup>2</sup> мембраны в час).

В предпочтительном варианте ячейка (ячейки) поступательного осмоса работает в непрерывном режиме при непрерывной подаче потока исходной воды высокой солености и потока исходного способного удаляться растворенного вещества соответственно к первой и второй сторонам полупроницаемой мембраны и непрерывном удалении третьего потока, включающего концентрированный соляной раствор (в дальнейшем "поток сбрасываемого в отход соляного раствора"), и четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества (в дальнейшем "разбавленный поток"), соответственно, с первой и второй сторон полупроницаемой мембраны. Поток исходной воды высокой солености и поток исходного способного удаляться растворенного вещества как правило проходят в противоточных направлениях вдоль полупроницаемой мембраны, вследствие чего вода высокой солености, по мере того, как она проходит вдоль мембраны, становится более концентрированной, а водный раствор способного удаляться растворенного вещества по мере того, как он проходит вдоль мембраны, становится более разбавленным. Следовательно, в предпочтительном варианте поток исходного способного удаляться растворенного вещества обладает более высокой осмомолярностью, чем поток концентрированного соляного раствора, а разбавленный поток обладает более высокой осмомолярностью, чем поток исходной воды высокой солености. Соответственно, вода продолжает проходить с первой на вторую сторону мембраны по всей ее длине. В целесообразном варианте скорость потоков исходных материалов вдоль мембраны составляет по меньшей мере 0,5 м·с<sup>-1</sup>, предпочтительно по меньшей мере 1 м·с<sup>-1</sup>, например по меньшей мере 3 м·с<sup>-1</sup>. Количество обработанной воды низкой солености, вводимой в несущую углеводороды формацию (в дальнейшем "поток нагнетаемой воды"), должно удовлетворять потребность формации в нагнетаемой воде и обычно находится в интервале от примерно 8,5 до 85 л/м<sup>2</sup>·ч. Отношение потока нагнетаемой воды низкой солености к потоку сбрасываемого в отход соляного раствора, как правило, находится в интервале от 7:1 до 9:1, а предпочтительно находится в интервале от 8:1 до 9:1.

Когда источник пресной воды доступен для применения в качестве растворителя для потока исходного способного удаляться растворенного вещества, например речная вода или вода водоносного пласта (т.е. вода, обладающая низкой концентрацией растворенных твердых частиц, например ниже 100 ч./млн, предпочтительно ниже 50 ч./млн), полупроницаемая мембрана, применяемая на стадии поступательного

осмоса, в предпочтительном варианте представляет собой мембрану сверхтонкой фильтрации, обладающую размером пор, который, по существу, исключает прохождение через мембрану растворенных твердых частиц в потоке исходной воды высокой солености, одновременно с тем позволяя мигрировать через нее воде. В предпочтительном варианте мембрана также предотвращает прохождение через нее способного удаляться растворенного вещества. Соответственно, при этом в разбавленном водном растворе способного удаляться растворенного вещества, по существу, отсутствуют растворенные твердые частицы, происходящее из воды высокой солености. Таким образом, когда на стадии разделения из разбавленного водного раствора удаляют, по существу, все способное удаляться растворенное вещество, получаемый поток воды обычно обладает, например, общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 100 ч./млн, предпочтительно ниже 50 ч./млн. Небольшую часть этого потока обработанной "пресной" воды (например, меньше 20%, предпочтительно меньше 10 об.%) возвращают назад на стадию поступательного осмоса в качестве растворителя для потока исходного способного удаляться растворенного вещества. Затем общее содержание растворенных твердых частиц в остальном потоке обработанной пресной воды можно доводить до целевой солености для потока нагнетаемой воды смешением потока обработанной пресной воды с частью потока исходной воды высокой солености или с частью потока концентрированного сбрасываемого в отход соляного раствора. Так, например, когда поток исходной воды высокой солености обладает общим содержанием растворенных твердых частиц 30000 ч./млн, а поток обработанной пресной воды со стадии разделения, по существу, не содержит растворенных твердых частиц, поток исходной воды высокой солености и поток обработанной пресной воды со стадии разделения могут быть смешаны в соотношении от 1:60 до 1:6 с образованием потока нагнетаемой воды, обладающего общим содержанием растворенных твердых частиц в интервале от 500 до 5000 ч./млн.

Однако предусмотрен также вариант того, что полупроницаемая мембрана может быть мембраной с ионной избирательностью, которая позволяет проходить через нее части растворенных твердых частиц из потока исходной воды высокой солености. Скорость, с которой поток исходной воды высокой солености и поток исходного способного удаляться растворенного вещества подаются в ячейку (ячейки) осмоса, и природа мембраны могут быть выбраны таким образом, чтобы достичь целевого общего содержания растворенных твердых частиц в потоке нагнетаемой воды от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн (т.е. после выделения способного удаляться растворенного вещества). Однако недостаток этой системы состоит в том, что отсутствует возможность возвращать часть потока нагнетаемой воды назад, на стадию обессоливания в качестве растворителя для водного раствора способного удаляться растворенного вещества. Соответственно, для стадии обессоливания осмосом требуется непрерывный источник пресной воды (речная вода или вода водоносного пласта). Когда способ по настоящему изобретению осуществляют в открытом море и вода водоносного пласта недоступна, предусмотрена возможность того, что обессоливающая установка может включать ячейку обратного осмоса, в дополнение к ячейке (ячейкам) осмоса, где ячейка обратного осмоса обеспечивает непрерывный источник пресной воды для ячейки (ячеек) осмоса. Хотя осуществление этой технологической схемы требует наличия ячеек как осмоса, так и обратного осмоса, ячейка обратного осмоса обычно обеспечивают только небольшую часть потока исходной нагнетаемой воды, например меньше 10 об.%, вследствие чего сохраняются уменьшенная нагрузка на насосы и, следовательно, энергетические затраты обессоливающей установки. Кроме того, ячейка обратного осмоса может обусловить применение оборудования, которое является общим для процессов как обратного, так и осмоса, например фильтры, циркуляционные насосы, системы очистки и т.д.

В предпочтительном варианте обработанную воду низкой солености готовят подачей воды высокой солености, например морской воды или пластовой воды, к первой стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса и водного раствора способного удаляться растворенного вещества в воде высокой солености ко второй стороне полупроницаемой мембраны. Водой высокой солености, которую используют в качестве растворителя для потока исходного способного удаляться растворенного вещества, может служить аналогичная или другая вода потока исходной воды высокой солености. В этом предпочтительном варианте выполнения настоящего изобретения полупроницаемая мембрана способна предотвращать прохождение через себя по существу всех растворенных солей потока воды высокой солености. Таким образом, чистая вода мигрирует через полупроницаемую мембрану из воды высокой солености в водный раствор способного удаляться растворенного вещества в воде высокой солености, разбавляя таким образом в этом последнем растворе соли, которые встречаются в природе. Это разбавление продолжают до тех пор, пока не добиваются целевой концентрации встречающихся в природе солей (от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн). Далее способное удаляться растворенное вещество выделяют из разбавленного раствора с получением обработанной воды низкой солености.

В предпочтительном варианте в поток исходной воды высокой солености и необязательно в поток исходного способного удаляться растворенного вещества дозируют биоцид и/или ингибитор образования отложений. Примеры водорастворимых биоцидов включают сульфат тетракис-(гидроксиметил)фосфония, пиритион цинка, 1,2-бензизотиазолин-3-он, 2-(тиоцианометилтио)бензотиазол, 2,2-дибром-3-нитропропионамид, бензалконийхлорид, бензилалкил(C10-16)диметиламмонийхлорид, дидецилдиметиламмонийхлорид, формальдегид, глутаровый альдегид, N-кокоалкил-1,3-пропилендиаминсукцинат, гиппо-

хлорит натрия, 2-метил-4-изотиазолин-3-он и 5-хлор-2-метил-4-изотиазолин-3-он. Ингибитор образования отложений добавляют для защиты обессоливающей установки, в частности мембран осмоса, от загрязнения отложениями неорганических солей. Примеры приемлемых ингибиторов образования отложений включают водорастворимые органические соединения, содержащие по меньшей мере 2 карбоксильные, и/или фосфоновокислотные, и/или сульфокислотные группы, например от 2 до 30 таких групп. Предпочтительные ингибиторы образования отложений представляют собой олигомеры или полимеры или могут быть мономерами по меньшей мере с одной гидроксильной группой и/или аминным атомом азота, преимущественно в гидроксикарбоновых кислотах, гидроксифосфовых кислотах, аминокислотных кислотах или сульфоновых кислотах. Предусмотрен также вариант того, что обессоливающая установка может быть снабжена электрохлоратором, который превращает хлорид натрия в потоке исходной воды высокой солености в гипохлорит натрия. В целесообразном варианте из потока исходной воды высокой солености отбирают отводимый поток и перед возвратом в поток исходной воды высокой солености пропускают через электрохлоратор.

В предпочтительном варианте ячейка (ячейки) осмоса обессоливающей установки снабжена системой очистки для удаления с поверхности полупроницаемой мембраны загрязняющих отложений. Таким образом, мембрана может быть подвергнута обратной промывке частью обработанной воды низкой солености. Так, например, часть обработанной воды низкой солености может быть направлена в резервуар системы очистки. Затем воду из резервуара перед возвратом в резервуар периодически подвергают обратной промывке пропусканием через мембрану осмоса. Фильтр тонкой очистки, находящийся в контуре системы очистки, удаляет из очищающей воды загрязняющие материалы. Воду из резервуара системы очистки можно периодически сливать и заменять свежей обработанной водой низкой солености. По другому варианту во время работы системы очистки часть очищающей воды можно непрерывно сбрасывать в окружающую среду и можно непрерывно добавлять в очищающую воду свежей обработанной воды низкой солености. В предпочтительном варианте перед обратной промывкой обработанной водой низкой солености мембрану осмоса подвергают обратной промывке разбавленным раствором гидроксида натрия и необязательно разбавленным раствором бисульфита натрия.

В предпочтительном варианте поток сбрасываемого в отход соляного раствора удаляют из обессоливающей установки на некоторое расстояние от впуска в эту установку потока исходной воды высокой солености, уменьшая, таким образом, опасность возврата в обессоливающую установку сбрасываемого в отход соляного раствора.

В предпочтительном варианте из третьего потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества (разбавленный поток), способное удаляться растворенное вещество выделяют с получением потока нагнетаемой воды низкой солености, обладающего общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 4000 ч./млн, более предпочтительно ниже 3000 ч./млн. Когда общее содержание растворенных твердых частиц в обработанной воде низкой солености после выделения способного удаляться растворенного вещества оказывается ниже целевого значения, соленость повышают до уровня выше 200 ч./млн, предпочтительно выше 500 ч./млн. Так, например, соленость обработанной воды низкой солености можно регулировать добавлением в обработанную воду низкой солености небольшого количества потока исходной воды высокой солености или потока концентрированного сбрасываемого в отход соляного раствора. В предпочтительном варианте общее содержание растворенных твердых частиц в обработанной воде низкой солености находится в интервале от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 4000 ч./млн, наиболее предпочтительно от 1000 до 3000 ч./млн, например от 1000 до 2000 ч./млн.

В предпочтительном варианте обработанную воду низкой солености направляют в сборный сосуд нагнетаемой воды низкой солености. Из сборного сосуда обработанная вода низкой солености ("поток нагнетаемой воды") может быть введена в нагнетательную скважину посредством инъекционной системы под поверхностью или на поверхности морской воды.

В целесообразном варианте способное удаляться растворенное вещество представляет собой соль, которой может быть придана нерастворимость в разбавленном водном растворе способного удаляться растворенного вещества (в дальнейшем "разбавленный раствор") с получением таким образом в водной фазе суспензии нерастворимого осадка способного удаляться растворенного вещества. Так, например, способное удаляться растворенное вещество может обладать растворимостью, зависящей от значения pH или температуры разбавленного раствора. По другому варианту растворимость способного удаляться растворенного вещества может зависеть от его состояния окисления.

Когда способному удаляться растворенному веществу придают нерастворимость в разбавленном растворе, в предпочтительном варианте перед приданием способному удаляться растворенному веществу нерастворимости этот разбавленный раствор удаляют из ячейки (ячеек) поступательного осмоса. После этого нерастворимый осадок из водной фазы суспензии выделяют, как правило фильтрованием или по любому другому удобному обычному методу удаления осадков из суспензии, например центрифугированием. Затем выделенное способное удаляться растворенное вещество может быть использовано повторно при получении потока свежего исходного способного удаляться растворенного вещества.

В целесообразном варианте способное удаляться растворенное вещество обладает растворимостью,

зависящей от значения рН разбавленного водного раствора, вследствие чего во время стадии осмоса рН этого разбавленного раствора практически сохраняют на уровне, при котором растворенное вещество оказывается растворимым, а после этого значение рН регулируют в достаточной мере для того, чтобы растворенное вещество сохраняло нерастворимость. Таким образом, способное удаляться растворенное вещество оказывается растворимым по меньшей мере в одном из следующих материалов: раствор с кислым значением рН, раствор с нейтральным значением рН и раствор с основным значением рН, и благодаря доведению рН до более высокого или более низкого значения, что зависит от конкретного используемого способного удаляться растворенного вещества, способное удаляться растворенное вещество становится, таким образом, нерастворимым. В предпочтительном варианте это растворенное вещество является либо растворимым, либо нерастворимым при значении рН вблизи 7, вследствие чего требуется слабое или отсутствие регулирования значения рН потока нагнетаемой воды после выделения осадка способного удаляться растворенного вещества.

Типичные растворенные вещества, которым придают нерастворимость регулированием рН разбавленного раствора, включают те, которые растворимы в водной кислоте, такой как водная сернистая кислота и водная серная кислота, включая такие способные удаляться растворенные вещества, как, например, карбонаты, оксалаты, тартраты и т.п., таких металлов, как кальций, стронций, барий, никель, кобальт, медь, ртуть и серебро, сульфид железа и/или сульфит кальция. Так, например, сульфит кальция растворим в сернистой кислоте, а сульфид железа растворим в разбавленных кислотах. После удаления осадка кислоту нейтрализуют, как правило, добавлением карбоната или гидроксида кальция, с получением осадка и последующим удалением этого осадка, например, фильтрованием.

В другом аналогичном варианте с применением механизма противоположного значения рН способная удаляться растворимая соль, такая как сульфат серебра, становится нерастворимой, и осадок может быть отфильтрован в водном растворе с кислым значением рН при добавлении для понижения рН достаточного количества кислоты, такой как сернистая кислота ( $H_2SO_3$ ), которую после фильтрования нейтрализуют, например, карбонатом кальция и/или гидроксидом кальция.

По еще одному варианту растворенное вещество, которому придают нерастворимость, может обладать растворимостью в воде в зависимости от температуры разбавленного водного раствора способного удаляться растворенного вещества. Так, например, способное удаляться растворенное вещество может быть высокорастворимым при данной температуре, при которой вода проходит через полупроницаемую мембрану в водный раствор способного удаляться растворенного вещества, и существенно менее растворимым при более низких температурах, вследствие чего способное удаляться растворенное вещество выпадает из раствора в осадок. Температуру раствора способного удаляться растворенного вещества, который направляют ко второй стороне полупроницаемой мембраны, как правило можно поддерживать на уровне, например, от 60 до 100°C, а после удаления разбавленного потока из ячейки (ячеек) поступательного осмоса для осаждения способного удаляться растворенного вещества температура разбавленного раствора может быть снижена, например, до 25°C. Приемлемые растворенные вещества, которые с изменением температуры демонстрируют заметное изменение растворимости в воде, включают гидроксид бария, салицилат кальция, сульфат цезия-алюминия, иодат калия, перманганат калия, тринатрийфосфат, сульфат натрия, гидроксид стронция, оксалат стронция, тетраборат натрия, нитрат калия ( $KNO_3$ ) и додециламингидрохлорид. Нагревание и охлаждение растворов могут быть осуществлены с использованием электрических нагревателей, холодильных установок, теплообменников, таких как конденсаторы водяного пара и т.д., таких как хорошо известные в данной области техники, но предпочтительны теплообменники.

Способным удаляться растворенным веществом, которому придают нерастворимость, может также служить растворенное вещество, которое может быть окислено или восстановлено до менее растворимой формы и может быть удалено фильтрованием или по другим обычным методам разделения и в дальнейшем повторно превращено в растворимую форму способного удаляться растворенного вещества для повторного применения. Так, например, хлорид двухвалентной меди обладает высокой растворимостью в воде при комнатной температуре, но когда его восстанавливают электрическим путем или химическим восстановителем, он образует хлорид одновалентной меди, который при комнатной температуре обладает очень низкой растворимостью в воде. Осажденный хлорид одновалентной меди можно выделять из разбавленного раствора, например, путем фильтрования, и осадок хлорида одновалентной меди может быть повторно превращен в хлорид двухвалентной меди для повторного использования окислением электрическим путем или некоторыми химическими окислительными средствами, такими как барботаж кислорода через суспензию хлорида одновалентной меди в воде. Другим примером является ацетат двухвалентного железа, который очень хорошо растворим в воде при комнатной температуре. Когда его окисляют электрическим путем или барботажом кислорода через его раствор, он образует основной ацетат трехвалентного железа, который не растворяется. Осадок основного ацетата трехвалентного железа может быть вновь превращен в ацетат двухвалентного железа для повторного использования восстановлением электрическим путем или некоторыми химическими восстановительными средствами, такими как барботаж водорода через суспензию основного ацетата трехвалентного железа в воде.

Однако в предпочтительном варианте способное удаляться растворенное вещество представляет

собой летучее растворенное вещество, такое как аммиак, диоксид серы, диоксид углерода, метилацетат, акрилонитрил и их смеси, преимущественно смесь аммиака и диоксида углерода. Таким образом, вода проходит с первой на вторую сторону полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса с образованием разбавленного водного раствора летучего растворенного вещества. Далее это летучее растворенное вещество может быть выделено из разбавленного водного раствора с помощью любого приемлемого средства. Так, например, разбавленный поток, который отводят со второй стороны полупроницаемой мембраны, направляют в газодесорбционную секцию, в которой разбавленный поток направляют по десорбционной секции сверху вниз в противоток к теплomu воздуху. Вода низкой солености, из которой необходимо удалить летучее растворенное вещество, движется от основания секции, а летучая смесь растворителя/воздуха стекает из верхней части. Такой десорбционный процесс можно проводить при температуре от 65 до 90°C. После передачи тепла воде, которую используют для получения потока исходных материалов, включающего водный раствор летучего растворенного вещества (в дальнейшем "потока исходного летучего растворенного вещества"), который направляют ко второй стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса, отходящий из десорбционной секции газ может быть направлен в основание абсорбционной секции в противоток к воде, которую используют для получения потока исходного летучего растворенного вещества. Для компенсации любой потери в процессе в основании абсорбционной секции может быть направлено дополнительное летучее растворенное вещество. В целесообразном варианте концентрация летучего растворенного вещества в потоке исходного летучего растворенного вещества находится в интервале от 3 до 10 мас.%, предпочтительно от 4 до 7 мас.%. Преимущество способа по настоящему изобретению состоит в том, что при этом отсутствует необходимость понижать концентрацию летучего растворителя в потоке обработанной нагнетаемой воды низкой солености до низких уровней, требуемых для питьевой воды. Таким образом, концентрация летучего растворенного вещества, например аммиака, которое содержится в потоке нагнетаемой воды, может быть настолько высокой, как равная 100 ч./млн.

Способ по настоящему изобретению особенно выгодно осуществлять, когда поток исходной воды высокой солености обладает ионным составом, отличным от ионного состава формационной воды, и когда при других обстоятельствах в формации и/или в продуктивной скважине, и/или после нее происходило бы выпадение осадка нерастворимых минеральных солей. Соответственно, предусмотрена возможность того, что мембраной, которую используют на стадии осмоса, может служить мембрана с ионной избирательностью, обладающая размером пор, который исключает прохождение через мембрану предшествующих ионов осадка из осадков нерастворимых солей, в частности двухвалентных анионов, таких как сульфатные ионы, в разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества. Следовательно, обработанная нагнетаемая вода может обладать общим содержанием растворенных твердых частиц, которое находится в интервале от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн, и концентрацией предшествующих ионов осадка, таких как сульфатные, ниже 40 ч./млн.

Таким образом, в соответствии с предпочтительным вариантом выполнения настоящего изобретения его объектом является способ извлечения углеводов из пористой подземной несущей углеводороды формации, включающий:

(а) подачу первого потока, включающего воду высокой солености, к первой стороне мембраны с ионной избирательностью по меньшей мере одной ячейки осмоса обессоливающей установки и подачу второго потока, включающего водный раствор способного удаляться растворенного вещества, ко второй стороне полупроницаемой мембраны, где первый поток содержит предшествующие ионы осадка в количестве, достаточном для образования осадков нерастворимых минеральных солей в формации, если первый поток контактировал с естественными ионами в формации, и мембрана с ионной избирательностью, по существу, исключает прохождение через нее предшествующих ионов осадка, и где концентрация растворенного вещества в водном растворе способного удаляться растворенного вещества достаточно превышает концентрацию растворенного вещества в воде высокой солености для того, чтобы вода и необязательно не образующие осадка предшествующие ионы проходили через мембрану с ионной избирательностью в водный раствор способного удаляться растворенного вещества с получением разбавленного водного раствора способного удаляться растворенного вещества;

(б) удаление третьего потока, включающего концентрированный соляной раствор, и четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, соответственно, с первой и второй сторон мембраны с ионной избирательностью ячейки (ячеек) осмоса;

(в) по существу, выделение способного удаляться растворенного вещества из четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, с получением потока воды низкой солености, обладающего общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 5000 ч./млн и обладающего концентрацией предшествующих ионов существенно ниже концентрации предшествующих ионов в потоке исходной воды высокой солености;

(г) повышение, если необходимо, общего содержания растворенных твердых частиц в потоке воды низкой солености до общего содержания растворенных твердых частиц по меньшей мере 200 ч./млн, предпочтительно по меньшей мере 500 ч./млн;

(д) дальнейшее понижение, если необходимо, концентрации предшествующих ионов в потоке воды



низкой солености таким образом, чтобы количество осадков нерастворимых минеральных солей, которые образуются, когда вода низкой солености входит в контакт с естественными ионами в формации, было недостаточным для блокирования пор этой формации;

(е) инъекцию обработанной воды низкой солености в несущую углеводороды формацию посредством нагнетательной скважины;

(ж) вытеснение углеводородов обработанной водой низкой солености в направлении соответствующей продуктивной скважины и

(з) извлечение углеводородов из формации посредством продуктивной скважины.

Предпочтительные составы обработанной воды низкой солености (поток нагнетаемой воды) для формации, содержащей естественные ионы, представлены ниже.

Компонент	Концентрация (част./млн)
Хлорид	192,6-1733
Бромид	<0,1
Сульфат	<40
Бикарбонат	2,1-19
Фторид	<0,1
Борная кислота	<0,1
Магний	3-27
Кальций	0,9-8
Стронций	<0,1
Калий	5,4-49
Натрий	118,5-1066
Всего	меньше 3000

Предшествующие ионы осадка определяют как ионы, которые образуют осадки нерастворимых минеральных солей в условиях формации или в продуктивной скважине, когда они контактируют с естественными ионами. Естественные ионы определяют как встречающиеся в природе или искусственные ионы, уже находящиеся в формации. Предшествующие ионы осадка должны быть отличными от ионных материалов и противоположно заряженными относительно естественных ионных материалов, когда они контактируют в формации.

Конкретные ионы, которые могут быть предшествующими ионами осадков нерастворимых минеральных солей, включают  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HS}^-$  и их смеси.

Естественные ионы, уже содержащиеся в формации, которые, как отмечают, при контактировании с предшествующими ионами образуют осадки нерастворимых солей, включают  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и их смеси.

Естественные ионы могут быть встречающимися в природе в формационной воде или могут быть искусственно введенными в результате некоторого ранее проведенного процесса обработки. Когда в формацию инжектируют дисперсию, естественные ионы должны содержаться в формации в достаточной концентрации только для образования с предшествующими ионами осадков в условиях в формации или продуктивной скважины.

Фактическая концентрация предшествующих ионов, при которой в данном случае происходит выпадение осадка, является функцией многих переменных, включая концентрацию других ионов в растворе и условиях *in situ*, например температуры, давления и pH. Во многих случаях по данным, собранным в формации, специалист в данной области техники способен предсказывать выпадение осадка и может, следовательно, применять способ предпочтительного варианта выполнения настоящего изобретения перед тем как значительное отложение осадков происходит в действительности. Предусмотрен также вариант того, что этот способ может быть применен в качестве коррективного действия после того как отложение осадков отмечено в продуктивной скважине или после нее.

При этом отсутствует фиксированная минимальная пороговая концентрация предшествующих ионов в нагнетаемой воде, выше которой выпадение осадка и закупорка происходят во всех случаях. Однако необработанная нагнетаемая вода (поток исходной воды высокой солености), обладающая концентрацией предшествующих ионов выше 50 ч./млн, например выше 100 ч./млн, часто может образовывать осадки нерастворимых минеральных солей, когда контактирует с соответствующим естественным ионом *in situ*. Таким образом, способ по настоящему изобретению обычно применим, когда необработанная нагнетаемая вода (поток исходной нагнетаемой воды высокой солености) обладает концентрацией предшествующих ионов выше 50 ч./млн, предпочтительно выше 100 ч./млн, а наиболее предпочтительно выше 500 ч./млн.

Избирательность мембраны является функцией конкретных свойств мембраны, включая размер пор

мембраны или электрический заряд мембраны. Так, например, полиамидная мембрана является особенно эффективной для того, чтобы селективно предотвратить прохождение через нее предшествующего иона  $\text{SO}_4^{2-}$ . Приемлемые мембраны с ионной избирательностью для удаления из нагнетаемой воды  $\text{SO}_4^{2-}$  включают полиамидные мембраны, которые могут быть получены на фирмах Osmonics Inc., Hydronautics, Dow и Torai.

Безвредные ионы, которые проходят через мембрану с ионной избирательностью в обработанную нагнетаемую воду, могут оказывать в формации даже благотворное влияние. Так, например, в приготовленный поток обработанной нагнетаемой воды могут быть направлены потенциально стабилизирующие глину ионы, такие как  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  и  $\text{OH}^-$ , и в дальнейшем инжесктированы в формацию с полезной целью предотвратить набухание глины или миграцию частиц. Однако для того чтобы добиться положительного эффекта улучшенной добычи нефти, общее содержание растворенных твердых частиц в потоке нагнетаемой воды должно находиться в интервале от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн.

Когда непрерывный источник чистой воды доступен для использования в качестве растворителя для второго потока, включающего водный раствор способного удаляться растворенного вещества (поток исходного способного удаляться растворенного вещества), в предпочтительном варианте мембрана с ионной избирательностью должна предотвращать прохождение предшествующих ионов осадка с первой на вторую сторону мембраны и одновременно с этим позволять проходить через себя воде и части безвредных ионов. Однако, как обсуждалось выше, общее содержание растворенных твердых частиц в потоке нагнетаемой воды должно находиться в интервале от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн.

Когда первый поток представляет собой морскую воду, а вторым потоком является раствор способного удаляться растворенного вещества в морской воде, без предварительной обработки нагнетаемой воды для удаления по меньшей мере части оставшихся предшествующих ионов достижение целевой концентрации предшествующих ионов в потоке нагнетаемой воды может оказаться невозможным. Так, например, когда морская вода обладает общей соленостью 30000 ч./млн, а концентрация сульфатных ионов в морской воде составляет 2500 ч./млн и необходимо получение потока нагнетаемой воды, обладающего общей соленостью 3000 ч./млн, второй поток водного раствора способного удаляться растворенного вещества в морской воде может быть разбавлен лишь на коэффициент 10. Соответственно, концентрация сульфата в обработанной воде обычно составляет примерно 250 ч./млн. Следовательно, перед введением потока нагнетаемой воды в "образующую отложения" формацию необходимо дальнейшее понижение концентрации сульфата в обработанной воде низкой солености до значения ниже 40 ч./млн. Это может быть достигнуто, например, пропусканием обработанной воды через ячейку обратного осмоса, снабженную мембраной с ионной избирательностью для нанофильтрации, которая селективно удаляет из обработанной воды низкой солености сульфат. По другому варианту избыточные сульфатные ионы могут быть удалены путем добавления осаждающего противоиона для сульфата, например  $\text{Ba}^{2+}$ . Когда полученный осадок сульфата бария находится в тонкодисперсной форме, удаление осадка сульфата бария из потока нагнетаемой воды может оказаться необязательным. Предусмотрен также вариант того, что в поток нагнетаемой воды, который содержит избыток сульфатных ионов, может быть добавлен тонкодисперсный твердый сульфат бария, вследствие чего весь сульфат бария, который осаждается в формации, выпадает в осадок преимущественно в виде тонкодисперсного сульфата бария и, следовательно, не образует в формации вызывающих закупорку пор осадков (как это изложено в совместно рассматриваемой заявке GB 0501980.7, поданной 1 февраля 2005 г.).

Предусмотрена возможность того, что обработанная вода низкой солености после выделения способного удаляться растворенного вещества может обладать общей соленостью ниже той, которая требуется для потока нагнетаемой воды; например, обработанная вода может обладать общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 200 ч./млн или ниже 100 ч./млн, или может даже обладать общим содержанием растворенных твердых частиц, которое удовлетворяет стандартам питьевой воды. Тогда общую соленость обработанной воды низкой солености можно доводить до целевого значения смешением обработанной воды низкой солености с потоком исходной воды высокой солености или с потоком сбрасываемого в отход соляного раствора. Таким образом, когда в потоке исходного способного удаляться растворенного вещества, который направляют ко второй стороне мембраны, в качестве растворителя используют пресную воду, обработанная вода низкой солености по существу не содержит растворенных твердых частиц. Однако когда в эту обработанную воду просачивается вода высокой солености, содержащая сульфатные ионы, с образованием потока нагнетаемой воды с целевой общей соленостью, концентрация предшествующих ионов осадка, таких как сульфатные, можно повысить до значения, превышающего то, при котором в формации обычно образуются закупоривающие осадки. Соответственно, может оказаться необходимой обработка получаемого потока нагнетаемой воды для удаления, например, сульфатных ионов. Таким образом, после выделения способного удаляться растворенного вещества и смешения с водой высокой солености поток нагнетаемой воды может быть направлен в обычную нанофильтровальную ячейку обратного осмоса или можно добавлять осаждающий катион, такой как  $\text{Ba}^{2+}$ , как это изложено выше. Однако в предпочтительном варианте перед стадией смешения предшествующие

ионы осадка из воды высокой солености удаляют, например, с использованием обычного нанофильтрации обратным осмосом или осаждения предшествующих ионов осадка, поскольку обработки требует меньший объем воды.

Предусмотрена возможность проведения двух параллельных процессов осмоса, где в первом процессе используют мембрану, которая исключает пропускание через себя в водный раствор способного удаляться растворенного вещества в пресной воде, по существу, всех растворенных твердых частиц, а во втором процессе используют мембрану с ионной избирательностью, которая селективно предотвращает прохождение через себя в водный раствор способного удаляться растворенного вещества в морской воде сульфатных ионов. Затем оба получаемых водных потока смешивают в соотношении, которое обеспечивает целевое общее содержание растворенных твердых частиц и целевую низкую концентрацию предшествующих ионов осадка.

Обессоливающая установка, применяемая в способе по настоящему изобретению, может быть размещена на суше или в открытом море, например на платформе. Недостаток размещения обессоливающей установки осмоса на поверхности состоит в том, что такие установки занимают большое пространство, и когда их располагают в виде модификации на платформе, часто требуют дополнительной платформенной структуры. Таким образом, предусмотрен вариант того, что с целью уменьшить потребность в пространстве и массе платформы установка обессоливания осмосом может быть погружена в водоем.

Когда ячейку осмоса погружают в водоем, в предпочтительном варианте первый поток воды высокой солености представляет собой морскую воду или воду устья реки. Таким образом, водоем, в который погружают ячейку осмоса, в предпочтительном варианте является морем или устьем реки. В предпочтительном варианте при работе ячейки осмоса используют поток исходной воды высокой солености, обладающий абсолютным гидростатическим давлением в интервале от 0,5 до 16 бар, соответствующим глубине погружения примерно от 5 до 160 м, благодаря чему уменьшаются потребности установки в накачивании.

Когда поток исходной воды высокой солености используют при глубине погружения по меньшей мере 100 м, предпочтительно по меньшей мере 150 м, в этом заключается то преимущество, что вода обладает значительно более низким содержанием кислорода, чем вода, отбираемая с поверхности или вблизи нее, благодаря чему уменьшается или даже устраняется потребность в деаэрации воды потока нагнетаемой воды низкой солености.

В предпочтительном варианте погруженная установка обессоливания осмосом снабжена сборной емкостью для получаемой нагнетаемой воды низкой солености; балластом для регулирования глубины, на которую погружают установку; средством подачи газа, предпочтительно подачи воздуха, для удаления из установки воды, что обеспечивает возможность извлечения установки на поверхность для обслуживания и/или ремонта; подводным электрическим кабелем, предпочтительно снабженным защитной оболочкой подводным электрическим кабелем, для подачи электроэнергии, которая приводит установку в действие; и волоконно-оптическими кабелями для передачи данных и видеоизображения, как это изложено в совместно рассматриваемой заявке № PCT/GB 2005/001939. Компоненты установки обессоливания осмосом, как правило, размещены внутри корпуса, способного выдерживать внешнее гидростатическое давление на глубине погружения.

Погруженная установка обессоливания осмосом может быть привязана к морскому дну посредством подводного каната или может быть привязана или как-либо по-иному ограничена в перемещении с помощью плавучей структуры, такой как полупогруженное морское основание с избыточной плавучестью, плавучая структура для хранения производства имеет разгружающую единицу (FPSO) или стояк. Предусмотрен также вариант, в котором погруженная установка обессоливания осмосом может быть размещена на искусственном плавучем морском дне.

Далее способ по настоящему изобретению описан со ссылкой на схему технологического процесса, представленную на фигуре.

Первый исходный поток 1, включающий воду высокой солености, пропускают через грубый фильтр (не показан). В поток 1 исходной воды высокой солености перед несколькими фильтрами 5 тонкой очистки, которые размещены параллельно, непрерывно дозируют поток 2 биоцидного концентрата, поток 3 концентрата бисульфата натрия и поток 4 концентрата ингибитора образования отложений. Затем поток 1 исходной воды высокой солености посредством по меньшей мере одного насоса 6 низкого давления и клапанов 7 направляют к первой стороне мембраны 8 нескольких ячеек 9 осмоса, которые размещены параллельно. Второй исходный поток 10, включающий раствор способного удаляться растворенного вещества в воде высокой солености, направляют ко второй стороне мембраны 8 ячеек 9 осмоса. Соответственно с первой и второй сторон мембраны ячейки осмоса удаляют концентрированный поток 14 сбрасываемого в отход соляного раствора (концентрат) и поток 11, включающий разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества (растворенное вещество). На выходе потока 14 сбрасываемого в отход соляного раствора предусмотрены регулирующие поток клапаны 13. Поток 14 сбрасываемого в отход соляного раствора после отбора у него энергии посредством рабочего колеса активной гидротурбины, сдвоенного рабочего энергообменника или обменника давления (не показан), который спарен с роторами насоса (насосов) 6 низкого давления, удаляют в окружающую среду. Разбавленный

поток 11 направляют на стадию 15 выделения способного удаляться растворенного вещества, где от способного удаляться растворенного вещества отделяют поток 16 нагнетаемой воды низкой солености. Способное удаляться растворенное вещество повторно используют при получении свежего второго исходного потока 10. Поток 16 нагнетаемой воды низкой солености перед подачей в нагнетательную систему (не показана) направляют в резервуар для хранения (не показан). По меньшей мере часть потока 16 воды низкой солености направляют в резервуар 17 системы очистки. Клапаны 7 и 13 периодически закрываются и насос (насосы) 6 низкого давления отключается, создавая возможность для обратной промывки мембран ячеек 9 осмоса. Затем перед возвратом в резервуар 17 воду низкой солености из резервуара 17 системы очистки посредством насоса 18 закачивают ко второй стороне мембран 8 ячеек 9 осмоса. Весь засоряющийся материал, который смывают с мембран 8 ячеек 9 осмоса, удаляет фильтр 19 тонкой очистки, расположенный в контуре очистки.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения углеводов из пористой подземной несущей углеводороды формации, в котором:

(а) подают первый поток, включающий воду высокой солености, к первой стороне полупроницаемой мембраны по меньшей мере одной ячейки осмоса обессоливающей установки и подают второй поток, включающий водный раствор способного удаляться растворенного вещества, ко второй стороне полупроницаемой мембраны, где концентрация растворенного вещества в водном растворе способного удаляться растворенного вещества достаточно превышает концентрацию растворенного вещества в воде высокой солености для того, чтобы вода проходила через полупроницаемую мембрану из воды высокой солености в водный раствор способного удаляться растворенного вещества с получением разбавленного водного раствора способного удаляться растворенного вещества;

(б) удаляют третий поток, включающий концентрированный соляной раствор, и четвертый поток, включающий разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, соответственно с первой и второй сторон полупроницаемой мембраны ячейки осмоса;

(в) выделяют способное удаляться растворенное вещество из четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, с получением потока воды низкой солености, обладающего общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 5000 ч./млн;

(г) повышают, если необходимо, соленость потока воды низкой солености до общего содержания растворенных твердых частиц по меньшей мере 200 ч./млн, предпочтительно по меньшей мере 500 ч./млн;

(д) инжектируют обработанную воду низкой солености с общим содержанием растворенных твердых частиц от 200 до 5000 ч./млн в несущую углеводороды формацию посредством нагнетательной скважины;

(е) вытесняют углеводороды обработанной водой низкой солености в направлении соответствующей продуктивной скважины и

(ж) извлекают углеводороды из формации посредством продуктивной скважины.

2. Способ извлечения углеводов из пористой подземной несущей углеводороды формации, содержащей естественные ионы, выбранные из группы, включающей  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$  и  $Zn^{2+}$ , в котором:

(а) подают первый поток, включающий воду высокой солености, к первой стороне полупроницаемой мембраны по меньшей мере одной ячейки осмоса обессоливающей установки и подают второй поток, включающий водный раствор способного удаляться растворенного вещества, ко второй стороне полупроницаемой мембраны, где (i) первый поток содержит предшествующие ионы осадка, выбранные из  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  и  $HS^-$ , (ii) концентрация предшествующих ионов осадка в первом потоке выше 50 ч./млн, предпочтительно выше 100 ч./млн, (iii) полупроницаемая мембрана представляет собой мембрану с ионной избирательностью, которая, по существу, исключает прохождение через себя предшествующих ионов осадка, и (iv) концентрация растворенного вещества в водном растворе способного удаляться растворенного вещества достаточно превышает концентрацию растворенного вещества в воде высокой солености для того, чтобы вода и, необязательно, не образующие осадка предшествующие ионы проходили через мембрану с ионной избирательностью в водный раствор способного удаляться растворенного вещества с образованием разбавленного водного раствора способного удаляться растворенного вещества;

(б) удаляют третий поток, включающий концентрированный соляной раствор, и четвертый поток, включающий разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, соответственно с первой и второй сторон мембраны с ионной избирательностью ячейки (ячеек) осмоса;

(в) выделяют способное удаляться растворенное вещество из четвертого потока, включающего разбавленный водный раствор способного удаляться растворенного вещества, с получением потока воды низкой солености, обладающего общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 5000 ч./млн и обладающего концентрацией предшествующих ионов ниже 40 ч./млн;

(г) повышают, если необходимо, общую соленость потока воды низкой солености до общего со-

держания растворенных твердых частиц по меньшей мере 200 ч./млн, предпочтительно по меньшей мере 500 ч./млн;

(д) понижают, если необходимо, концентрацию предшествующих ионов в потоке воды низкой солености ниже 40 ч./млн.;

(е) инжектируют обработанную воду низкой солености с общим содержанием растворенных твердых частиц от 200 до 5000 ч./млн в несущую углеводороды формацию посредством нагнетательной скважины;

(ж) вытесняют углеводороды обработанной водой низкой солености в направлении соответствующей продуктивной скважины и

(з) извлекают углеводороды из формации посредством продуктивной скважины.

3. Способ по п.2, в котором первый поток, который направляют к первой стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса, обладает концентрацией предшествующих ионов выше 500 ч./млн.

4. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором первый поток, который направляют к первой стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса, обладает общим содержанием растворенных твердых частиц по меньшей мере 20000 ч./млн.

5. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором второй поток, который направляют ко второй стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса, обладает общей концентрацией растворенного вещества, которая по меньшей мере на 150000 ч./млн выше общей концентрации растворенного вещества в первом потоке, который направляют к первой стороне полупроницаемой мембраны.

6. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором обработанная вода низкой солености обладает общим содержанием растворенных твердых частиц в интервале от 500 до 4000 ч./млн.

7. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором первый поток направляют к первой стороне полупроницаемой мембраны ячейки (ячеек) осмоса под абсолютным давлением в интервале от 0,5 до 16 бар, предпочтительно от 3 до 10 бар.

8. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором расход воды через полупроницаемую мембрану ячейки (ячеек) осмоса находится в интервале от 1 до 100 л/м<sup>2</sup>/ч, предпочтительно от 15 до 40 л/м<sup>2</sup>/ч.

9. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором осуществляют непрерывный режим функционирования ячейки (ячеек) осмоса с непрерывной подачей первого и второго потоков, соответственно, к первой и второй сторонам полупроницаемой мембраны и непрерывным удалением третьего и четвертого потоков, соответственно, с первой и второй сторон полупроницаемой мембраны.

10. Способ по п.9, в котором первый и второй потоки направляют в противоточных направлениях вдоль, соответственно, первой и второй сторон полупроницаемой мембраны.

11. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором отношение потока обработанной воды низкой солености к потоку сбрасываемого в отход соляного раствора находится в интервале от 7:1 до 9:1.

12. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором полупроницаемая мембрана ячейки (ячеек) осмоса представляет собой мембрану сверхтонкой фильтрации, обладающую номинальным размером пор меньше 0,001 мкм.

13. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором полупроницаемая мембрана ячейки (ячеек) осмоса представляет собой мембрану сверхтонкой фильтрации, обладающую размером пор, который, по существу, исключает прохождение через мембрану как растворенных твердых частиц в первом потоке, так и способного удаляться растворенного вещества во втором потоке, одновременно с тем позволяя воде мигрировать через нее с образованием разбавленного водного раствора способного удаляться растворенного вещества; второй поток включает раствор способного удаляться растворенного вещества в пресной воде, вследствие чего после выделения, по существу, всего способного удаляться растворенного вещества из четвертого потока получаемый поток воды низкой солености обладает общим содержанием растворенных твердых частиц ниже 100 ч./млн, предпочтительно ниже 50 ч./млн:

(I) при этом небольшую часть потока воды низкой солености возвращают на стадию осмоса в качестве свежего растворителя для второго потока и

(II) доводят общее содержание растворенных твердых частиц в остатке потока воды низкой солености до 200-5000 ч./млн, предпочтительно до 500-5000 ч./млн, смешением потока воды низкой солености с частью потока исходной воды высокой солености или с частью потока концентрированного сбрасываемого в отход соляного раствора.

14. Способ по одному из пп.1-12, в котором второй поток включает раствор способного удаляться растворенного вещества в пресной воде, мембрана представляет собой мембрану с ионной избирательностью, которая позволяет проходить через нее части растворенных твердых частиц из потока исходной воды высокой солености, а скорости, с которыми первый и второй потоки подают к полупроницаемой мембране ячейки (ячеек) осмоса, и природу мембраны выбирают таким образом, чтобы после выделения способного удаляться растворенного вещества из четвертого потока вода низкой солености обладала общим содержанием растворенных твердых частиц в интервале от 200 до 5000 ч./млн, предпочтительно от 500 до 5000 ч./млн.

15. Способ по п.13 или 14, в котором пресную воду выбирают из речной воды, воды водоносного

