РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 528 186**(13) **C2**

(51) МПК
E21B 43/22 (2006.01)
C09K 8/588 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2011124911/03, 02.11.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.11.2009

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
18.12.2008 FR 0858774

(43) Дата публикации заявки: **27.12.2012** Бюл. № **36**

(45) Опубликовано: **10.09.2014** Бюл. № **25**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 3687199 A, 29.08.1972. US 6331435 B1, 18.12.2001. US 2008/0133193 A1, 05.06.2008. US 6725926 B2, 27.04.2004. US 3282337 A, 01.11.1966. US 2625529 A, 13.01.1953. US 2740522 A, 03.04.1956. US 2729557 A, 03.01.1956. US 4069869 A, 24.01.1978. US 3741307 A, 26.06.1973. GB 2151279 A, 17.07.1985. EP 1147288 B1, 17.11.2004. RU 2061854 C1, 10.06.1996. RU 2085710 C1, 27.07.1997. SU 1104243 A, 23.07.1984. SU 1582726 A, 27.01.1996**

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **17.06.2011**

(86) Заявка PCT:
EP 2009/064452 (02.11.2009)

(87) Публикация заявки PCT:
WO 2010/069662 (24.06.2010)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):
ПИШ Рене (FR)

(73) Патентообладатель(и):
С.П.С.М. СА (FR)

RU 2528186 C2

(54) УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ДОБЫЧИ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРА БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИЛИ ПРОДУКТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к усовершенствованному способу добычи нефти. Способ добычи нефти вторичным методом в нефтеносном пласте, имеющем зоны высокой проницаемости, образующие предпочтительные проходы для нагнетаемой жидкости, содержащий следующие стадии: а) блокирование предпочтительных проходов посредством нагнетания в пласт водного раствора, основанного на водорастворимых полимерах с

концентрацией, обеспечивающей большую вязкость водного раствора по сравнению с вязкостью нефти, б) по завершении стадии а) нагнетание водного раствора, имеющего состав, идентичный составу, использованному на стадии а), с более низкой концентрацией полимера. Изобретение развито в зависимых пунктах формулы изобретения. Технический результат - повышение эффективности при снижении расхода полимера в отношении добытой нефти. 10 з.п. ф-лы, 1 пр.

RU 2528186 C2

RU 2528186 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 528 186**(13) **C2**

(51) Int. Cl.
E21B 43/22 (2006.01)
C09K 8/588 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2011124911/03, 02.11.2009**

(24) Effective date for property rights:
02.11.2009

Priority:
(30) Convention priority:
18.12.2008 FR 0858774

(43) Application published: **27.12.2012** Bull. № **36**

(45) Date of publication: **10.09.2014** Bull. № **25**

(85) Commencement of national phase: **17.06.2011**

(86) PCT application:
EP 2009/064452 (02.11.2009)

(87) PCT publication:
WO 2010/069662 (24.06.2010)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):
PISh Rene (FR)

(73) Proprietor(s):
S.P.S.M. SA (FR)

RU 2528186 C2

(54) IMPROVEMENT OF OIL RECOVERY METHOD USING POLYMER WITHOUT ADDITIONAL EQUIPMENT OR PRODUCT

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention is related to the improved oil recovery method. Secondary oil recovery method for an oil-bearing bed having high permeability areas forming the preferred passages for injected liquid, which consists in the following stages: a) blocking of the preferred passages by injection to the bed of aqueous solution based on water-soluble polymers with concentration ensuring large viscosity of the aqueous solution in comparison with oil viscosity, b) upon completion of the stage a) injection of the aqueous solution identical in composition with the solution used at the stage a) with lower concentration of the polymer. Invention is developed in dependent claims.

EFFECT: improving efficiency at reduction of polymer in respect of the recovered oil.

11 cl, 1 ex

RU 2528186 C2

Настоящее изобретение относится к усовершенствованному способу увеличенной добычи нефти. В частности, оно относится к применению раствора гидрофильного полимера, имеющего очень высокую концентрацию и высокую вязкость (вязкая пробка) в пределах ограниченного времени для увеличения добычи нефти с помощью полимера во время разработки нефтеносного геологического пласта без вспомогательного оборудования или химиката.

Большинство эксплуатируемых, в настоящее время, нефтепромыслов находится в зрелом состоянии и поэтому входит в фазу снижения продуктивности или находится на пороге этой фазы. Коэффициент нефтеотдачи этих промыслов сейчас составляет в среднем от 30 до 35%. Поэтому они все еще обеспечивают значительный потенциальный дебит.

Сырую нефть, содержащуюся в пластах, в основном извлекают в несколько стадий.

Сначала добыча обеспечивается естественной энергией текучих сред и породы, в которых падает давление. По завершении этой фазы истощения количество нефти, извлеченной на поверхность, в среднем составляет от около 10 до 20% от первоначального запаса.

Поэтому во второй стадии необходимо использовать способы, направленные на повышение величины нефтеотдачи.

Наиболее широко распространенный способ состоит в закачивании воды или рассола в пласт через нагнетательные скважины, предназначенные для этой цели. Это имеет отношение к вторичной добыче. Эта последняя фаза заканчивается, когда содержание воды в смеси, добываемой из продуктивных скважин, становится слишком высоким. Увеличение выхода здесь, в плане дополнительной нефтеотдачи, составляет около 20%.

Эффективность промывки нагнетанием воды может быть повышена снижением подвижности рассола, которое получают добавлением водорастворимых полимеров. Это имеет отношение к добыче нефти вторичным методом с помощью полимера. Этот метод состоит в нагнетании в нефтеносный пласт вязкого раствора полимера, полученного из полимера с высокой молекулярной массой, через инжекционную скважину, пробуренную в пласт. Этим обеспечивается энергия промывания и воздействие, необходимое для более равномерного вытеснения оставшейся в пласте нефти в соседние эксплуатационные скважины. Эффективность такого метода извлечения варьируется в зависимости от неоднородности пласта, то есть от вариаций проницаемости пласта, и вязкости вытесняемой нефти.

Полимер для указанного метода был разработан в США в 1970-х годах. Однако вследствие падения цен на нефть в 1980-х годах от большинства проектов отказались. Соответственно этому, патент США 3687199 раскрывает способ, в котором используют малое количество полимера. Способ состоит в нагнетании начальной пробки из водной среды, содержащей полимер, которая имеет низкую вязкость относительно вязкости нефти (см. пример 1), и затем в нагнетании второй пробки, содержащей полимер с пониженной концентрацией. Такой способ не может быть использован в промышленности. В начале 1990-х годов на месторождении Дацин в Китае было продемонстрировано, что существует хороший кандидат на нагнетаемый полимер, и для проектирования и сооружения завода на 55000 тонн полиакриламида была выбрана компания SNF. В то время как нефтеотдача на месторождении Дацин с нагнетанием только рассола составляла в среднем 40%, нагнетанием полимера эта нефтеотдача была повышена в среднем до 52%.

Одновременно в литературе широко описывалось применение поверхностно-активных веществ для добычи нефти вторичным методом. Для повышения нефтеотдачи

были предложены многие типы поверхностно-активных веществ. Наиболее широко применяемые поверхностно-активные вещества, по соображениям стоимости и стабильности, относятся к сульфонатному типу. Их применение предназначено для того, чтобы снижать поверхностное натяжение на границе раздела между водой и нефтью и тем самым стимулировать эмульгирование нефти в водной фазе. Однако количества поверхностно-активных веществ, необходимые для эффективной «солюбилизации» нефти на месте, является очень большим (в пропорции от 5000 до 15000 частей на миллион по массе нагнетаемого рассола), делая проект экономически нежизнеспособным. Способ этого типа представлен в патентах США 4231426 и 4299709, в которых количество текучей среды поверхностно-активного вещества, которое должно быть использовано, определяют с использованием индикатора.

Для преодоления основного недостатка был разработан способ, использующий щелочь/поверхностно-активное вещество/полимер. Он требует применения каустической соды или карбоната натрия, обычно в сочетании с водорастворимыми полимерами, чтобы снизить используемые концентрации поверхностно-активного вещества (примерно на величину от 1000 до 5000 частей на миллион). Однако этот способ требует очистки нагнетаемой воды, что создает основные производственные проблемы. Это обусловлено тем, что двухвалентные ионы, присутствующие в нагнетаемых рассолах, реагируют со щелочами с образованием осадков, и поэтому должны быть удалены из нагнетаемой воды во избежание любого засорения пласта. Эти проблемы, в частности, объясняют, почему от разработки указанного способа на месторождении Дацин воздержались. Однако эти испытания доказали, что коэффициент нефтеотдачи мог бы быть повышен на, по меньшей мере, 20% для обводненности (процентной доли извлекаемой воды относительно добытой нефти) на уровне 98%.

Наконец, были проведены испытания постоянного, то есть непрерывного повышения концентрации полимера документ 101202 Общества инженеров-нефтяников Американского института горных инженеров, но полученная продуктивность оказалась низкой вследствие утраты приемистости нагнетательной скважины, в то же время продемонстрировав, что в очень долгосрочном периоде мог бы быть достигнут дополнительный коэффициент нефтеотдачи, подобный коэффициенту.

Повышение продуктивности при нагнетании полимера традиционно объясняли увеличением объема промывки, а не улучшением эффективности на единицу объема. Однако, когда используют полимеры с очень высокой молекулярной массой, превышающей 18 миллионов, результаты, наблюдаемые в лаборатории на кернах (показывающих, что было улучшено микроскопическое смещение нефти), не подтверждались на нефтепромысле. Это можно объяснить вязкоупругостью полимера.

Этим объясняется тот факт, что в испытаниях на кернах используют точно определенные недеградированные полимеры, тогда как полимер на нефтепромысле подвергается значительным изменениям, которые обычно не воспроизводятся в лаборатории. С 1995 года компания SNF анализировала эти модификации на многочисленных образцах воды, добытых в проектах EOR. Полученные результаты показывают, что деградация полимера в месторождении иногда может быть предельно высокой, тем самым подтверждая, что испытания на кернах позволяют только частично провести исследование, касающееся исключительно приемистости нагнетательной скважины.

На месторождениях Дацин и Шенгли в Китае, где полимер нагнетают без удаления кислорода, наблюдают очень сильную деградацию, в связи со следующими факторами:

Наличие свободных радикалов. Когда нагнетаемый раствор содержит кислород, он

реагирует с ингибитором кислорода (гидросульфитом аммония), железом, сульфидом аммония, с созданием свободных радикалов, которые, в результате цепных реакций, снижают молекулярную массу, и это достигается в течение нескольких часов или только нескольких дней после нагнетания. Разложение усиливается с ростом молекулярной массы.

Наличие механических напряжений. Полимер во время нагнетания подвергается воздействию высокого ускорения до величины от 5 до 20 м/сек вследствие малого проходного сечения при нагнетании и ввиду его сокращения со временем: пески, глины, ржавчина, твердые гели (недеградируемые сшитые полимеры), или из-за механического оборудования (форсунок). Мгновенная скорость пропуска может обусловливать резкую деградацию полимера, в особенности, если его молекулярная масса высока.

Наличие химического разложения с эффектом усиливающегося гидролиза определенных функциональных групп в полимере и возможностью осаждения, в особенности в присутствии ионов Ca^{2+}, что вызывает снижение концентрации и вязкости.

Таким образом, в частности, когда условия нагнетания в пласт не оптимальны, может наблюдаться следующее, в сравнении с лабораторными испытаниями:

падение вязкости нагнетаемой текучей среды в 5-20 раз;

снижение молекулярной массы полимера в 3-20 раз;

падение концентрации в результате осаждения или разбавления в 2-5 раз.

Для этой цели компания SNF разработала и запатентовала практические решения для сокращения этих негативных эффектов:

специализированное оборудование для растворения полимера с низкой сдвиговой нагрузкой при высокой концентрации в атмосфере азота для сокращения до минимума доступ кислорода;

эффективное применение минимального количества поглотителя кислорода для сокращения образования свободных радикалов;

применение поглотителей свободных радикалов, которые предохраняют полимеры от разрушения в результате цепных реакций;

получение полимеров, не образующих твердые неспособные к нагнетанию гели и минимально образующих мягкие гели, которые прокачиваются при низком давлении;

регулирование содержания железа в используемой воде;

регулирование распределения степени гидролиза с использованием методов сополимеризации и предотвращения сопутствующего гидролиза или последующего гидролиза, которые стимулируют осаждение в месторождении;

корректировка скорости гидролиза, в частности, температуре месторождения, во избежание или для ограничения осаждения в нем;

введение функционализированных мономеров, менее чувствительных к гидролизу и образованию осадков.

Подобным образом для ограничения воздействия процессов деградации на полимер исследования продемонстрировали, что существует оптимальная молекулярная масса, часто находящаяся в интервале между 12 и 18 миллионами в зависимости от месторождения, его температуры, его минерализации, его проницаемости, его условий для нагнетания, которая служит в качестве фактора выбора наилучшего отношения «затраты-выгода».

Несмотря на все эти меры предосторожности, следует полагать, что деградация молекулярной массы будет составлять от около 5 до 20%, требуя повышения концентрации при нагнетании, и также что разбавление в пласте является специфическим для него.

Однако, в отличие от того, что было испытано в месторождении Дацин (документ 101202 Общества инженеров-нефтяников Американского института горных инженеров), очень высокая степень деградации может быть компенсирована всего лишь простым повышением концентрации полимера в нагнетаемой воде, поскольку выполнение этого связано с проблемами приемистости нагнетательной скважины (производительности нагнетания) только тогда, когда эту концентрацию повышают в 2 раза или более. Таким образом существует физические пределы, которые должны быть преодолены для получения подходящей величины расхода потока на скважину.

В дополнение к проблемам, обусловленным деградацией полимера, основная проблема, возникающая на пути получения эффективной добычи, связана с тем, что практически не существует нефтеносного пласта, имеющего однородную проницаемость. Напротив, типичные нефтеносные пласты включают многочисленные слои породы, имеющие различные степени проницаемости и пористости, варьирующие от 1 до 30000 миллидарси (например, с пористостью от 5 до 30%), и создающие весьма различающиеся перепады давления соответственно жидкостям (рассол, нефть, водоносный пласт и т.д.). В таких обстоятельствах ясно, что вытесняющая среда склонна избирательно протекать по пути наименьшего сопротивления, например через зону с высокой проницаемостью, и быстро впитываться в нее, в то же время минуя нефть. В этих неблагоприятных условиях продуктивные скважины быстро выдают количество вытесняющей среды, которое является значительным по сравнению с нефтью, и добыча нефти вторичным методом перестает быть рентабельной.

Решения, принятые для модифицирования профиля и сокращения преимущественных протоков, являются следующими:

А - Перекрытие водоносных горизонтов, в которых нагнетание полимера и сшивающего реагента служит для создания геля в первую очередь в этих предпочтительных проходах. Однако многие меры по закрытию воды оказываются неудачными вследствие отсутствия какого-нибудь эффекта или из-за блокировки нагнетания, которое затем должно быть устранено химическим разложением полимера. Способ этого типа представлен в патенте США 3741307 А, в котором жидкостный агент, такой как оксид кремния, нагнетают в пласт с образованием тампонажного материала, уменьшающего проницаемость пласта.

В - Нагнетание сшитых полимеров, вязкость которых повышается в пласте с течением времени:

фирма Dow (патент США 4182417) использует нагнетание вязкой эмульсии сшитого полиакриламида;

компания BJ использует нагнетание сшитой эмульсии в рассоле, снижающей свою вязкость и достигающей своего эффекта при разбавлении в месторождении (патент США 5735349);

компания BJ использует нагнетание дважды сшитой эмульсии (стабильной и лабильной) в углеводород, которая достигает своей вязкости при гидролизе (патент США 5466792).

Фирма Nalco (патентные заявки США 2003-149212 и 2003-155122) использует нагнетание в суспензии в воде эмульсии дважды сшитого полиакриламида (стабильного и нестабильного), которая становится вязкой в результате гидролиза при температуре пласта или после закачивания базовой жидкости.

Однако внедрение этих способов требует применения обширных и специфических ресурсов, к которым обращаются только в случае крайней необходимости. Более того, многие нагнетательные скважины с введением полимеров (несколько тысяч на

определенных месторождениях) требуют как простых, так и недорогих решений. Современные способы модификации профиля не в состоянии достигнуть этой цели.

Патент США 4415033A раскрывает способ добычи нефти, состоящий во введении в пласт мицеллярной текучей среды (микроэмульсии), содержащей поверхностно-активные вещества, и затем текучей среды для регулирования подвижности, содержащей полимер. Вязкость нагнетаемых текучих сред варьирует от низкой вязкости на их фронтальной части до высокой вязкости в их тыловой части, тем самым предотвращая образование вязких зон внутри нагнетаемых текучих сред вследствие взаимодействия полимера и поверхностно-активного вещества.

Настоящее изобретение устраняет все вышеописанные недостатки и, в частности, предназначено для уменьшения предпочтительных проходов для текучих сред с использованием малых количеств полимера и с высокими уровнями производительности добычи.

Настоящее изобретение относится к новому и наиболее эффективному непрерывному способу добычи нефти вторичным методом. Неожиданно было обнаружено, что можно поддерживать качество рабочей текучей среды для добычи нефти вторичным методом сначала нагнетанием вязкой пробки, имеющей более высокую вязкость, чем нефть на месте в зоны высокой проницаемости, т.е. нагнетанием пробки, содержащей полимер, концентрация которого возрастает до достижения вязкости, превышающей вязкость нефти в пласте, и затем после обработки предпочтительных проходов сокращением вязкости нагнетаемой рабочей текучей среды до нормального уровня, т.е. постепенное уменьшение концентрации полимера до достижения первоначальной вязкости, служащей для возвращения к начальным значениям производительности добычи.

Более конкретно, цель изобретения состоит в блокировке предпочтительных проходов воды, присутствующей в нефтеносном пласте, нагнетанием полимера с более высокой вязкостью, чем у нефти, то есть нагнетанием вязкой пробки для модифицирования профиля. Таким образом, вязкая пробка заполняет зону высокой проницаемости, занятую водой, и пропорционально снижает величину расхода потока в проходе. Восстановление первоначальной вязкости при нагнетании служит для возвращения к первоначальным дебитам скважины, но с гораздо более высокой степенью «загрязнения нефтью» (отношением «нефть/вода»). Побочным эффектом является снижение количества полимера, необходимого в расчете на баррель добытой нефти.

Другими словами, изобретение относится к способу добычи нефти вторичным методом в нефтеносном пласте, имеющем зоны высокой проницаемости, образующие предпочтительные проходы для нагнетаемой жидкости, содержащему следующие стадии:

а) выборочное определение объема преимущественных проходов, подлежащих обработке,

б) обработка предпочтительных проходов посредством нагнетания в пласт, предпочтительно в соответствующем объеме, водного раствора, основанного на водорастворимых полимерах, с такой концентрацией, что вязкость водного раствора превышает вязкость нефти (вязкая пробка),

в) по завершении стадии б) нагнетание водного раствора, имеющего состав, идентичный составу, использованному на стадии б), с более низкой концентрацией полимера.

Согласно первому варианту осуществления изобретения, для определения объема обрабатываемых предпочтительных проходов в момент времени T1 в нефтеносный пласт нагнетают водный раствор, содержащий индикатор, и затем измеряют количество

закачанного водного раствора до появления индикатора в момент времени T2 в попутной воде умножением величины расхода на разность между T2 и T1.

Согласно второму варианту осуществления изобретения для определения объема обрабатываемых предпочтительных проходов в момент времени T1 в нефтеносный пласт нагнетают водный раствор полимера, содержащий индикатор, и затем измеряют количество закачанного водного раствора до появления индикатора в момент времени T2 в попутной воде умножением величины расхода на разность между T2 и T1.

Во втором варианте исполнения полимер, присутствующий в водном растворе, который содержит индикатор, идентичен полимеру, присутствующему в нагнетаемом растворе, предназначенном для обработки предпочтительных проходов. Концентрация полимера, присутствующего в водном растворе, содержащем индикатор, предпочтительно является относительно более низкой, чем концентрация полимера, присутствующего в нагнетаемом растворе, предназначенном для обработки предпочтительных проходов.

Согласно еще одному признаку, концентрация полимера, присутствующего в водном растворе, содержащем индикатор, идентична концентрации полимера, нагнетаемого в растворе при завершении стадии б).

Более конкретно, стадии способа на практике являются следующими:

СТАДИЯ 1 (Анализ). Предварительное определение наличия полимера в попутной воде и/или индикатора или значительного повышения содержания воды. Эта стадия служит для проверки возможного существования предпочтительных проходов и избыточного полимера, нагнетаемого вследствие его разложения.

СТАДИЯ 2 (Анализ). При подтверждении существования предпочтительных проходов, определение времени протекания рабочей текучей среды в зонах высокой проницаемости. Это определение осуществляется с использованием индикатора (в основном иода), который закачивают в нагнетательную скважину, и затем определяют время, необходимое для извлечения индикатора в попутной воде скважины. Этого затем достаточно для преобразования этого времени в нагнетаемый объем (V) (величина расхода потока × время), причем измеренный таким образом объем соответствует обрабатываемому объему.

СТАДИЯ 3 (Нагнетание). Нагнетание объема, подобного объему V вязкой пробки, в пласт, принимая во внимание возможность разложения полимера. Термин «вязкая пробка» означает рабочую текучую среду, имеющую вязкость, более высокую, чем у нефти в месте ее нахождения, при скоростях распространения с коэффициентом надежности от около 10 до 30%. Вследствие вытеснения нефти в течение этого периода могут быть закачаны дополнительные количества относительно определенного объема V.

Более конкретно, для получения указанной концентрации степень разбавления раствора полимера постепенно снижают при поддержании давления нагнетания закачиваемым объемом во избежание гидравлического разрыва пласта. Это осуществляют только изменением параметров нагнетания на вспомогательном оборудовании или продукте на пульте управления.

Указанное нагнетание при высокой концентрации в различных случаях может продолжаться в соответствии с объемом вязкой пробки V в течение времени между 1 и 5 неделями.

СТАДИЯ 4 (Нагнетание). После нагнетания объема V вязкой пробки медленное увеличение разбавления для возобновления нормального нагнетания полимера при одновременной проверке давления нагнетания.

Согласно изобретению используемые водорастворимые полимеры не требуют разработки конкретного способа полимеризации. Они могут быть получены любыми способами полимеризации, хорошо известными квалифицированному специалисту в данной области техники (полимеризация в растворе, полимеризация в геле, осадительная полимеризация, эмульсионная полимеризация, после которой водная или инверсная проводится или не проводится стадия распылительной сушки, суспензионная полимеризация, мицеллярная полимеризация с последующей стадией осаждения или без нее.

На практике используемый полимер состоит из по меньшей мере одного мономера, выбранного из неионных мономеров: акриламида, метакриламида, N-винилпирролидона, винилацетата, винилового спирта, сложных эфиров акриловой кислоты, аллилового спирта, N-винилацетамида, N-винилформамида, и выборочного одного или более ионных мономеров, выбранных из анионных мономеров, имеющих карбоксильную функциональную группу, например акриловой кислоты, метакриловой кислоты и их солей, или имеющих функциональный остаток сульфоновой кислоты, например, 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты и ее солей.

Полимер может быть линейным, разветвленным, ассоциативным, гребенчатым, блок-сополимером и т.д., но в любом случае водорастворимым.

На практике полимер имеет молекулярную массу выше 5 миллионов г/моль, предпочтительно выше 8 миллионов г/моль, в частности для обработки предпочтительных проходов с проницаемостью выше 500 миллидарси.

Полимеры предпочтительно являются водорастворимыми, анионными на основе акриламида и имеют молекулярную массу в основном между 8 и 30 миллионами г/моль. Анионные свойства обусловливаются процессом сополимеризации, совместного гидролиза или дополнительного гидролиза.

Согласно изобретению концентрация полимера, присутствующего в водном растворе, содержащем индикатор, варьирует между 500 и 3000 частей на миллион по массе.

Подобным образом, концентрация полимера в вязкой пробке варьируется между 1000 и 10000 частей на миллион по массе.

Согласно изобретению, применяемые индикаторы не требуют никакой конкретной разработки. Они в основном хорошо известны квалифицированному специалисту в этой области технологии и могут представлять собой краситель, выбранный из производных флуоресцеина или уранина, радиоактивный изотоп, выбранный из Na^{24}, Ca^{47}, J^{131}, цезия, трития, или соль для измерения микрохимическим анализом, выбранную из иодида натрия или калия, хлорида калия, сульфата цинка или меди.

Способ обработки согласно изобретению может быть осуществлен однократно или многократно, если концентрация нефти в технологической воде начинает снижаться.

Усовершенствованный способ добычи нефти вторичным методом согласно изобретению служит для повышения доли нефти в попутной воде в 2-10 раз.

Кроме того, было обнаружено, что изобретение, в дополнение к повышению производительности добычи и общей продуктивности на промысле также предназначено для сокращения количества полимера, необходимого на баррель добытой нефти, что является значительным достижением по сравнению с существующими способами.

Далее изобретение иллюстрировано более полно с помощью неограничивающих примеров, которые, в частности, не могут рассматриваться как ограничение для составов и форм полимеров.

ПРИМЕР

Выбранный пласт имеет следующие параметры:

давление: 100 бар (10 МПа)

температура: 45°C

минерализация: 5000 частей на миллион TDS (общее содержание растворенных твердых веществ)

вязкость нефти: 25 сантипуаз

вязкость воды: 0,6 сантипуаз

анизотропия (вертикальная/горизонтальная проницаемость) (Kv/Kh): 01

S_{wir}, «насыщение остаточной водой»: доля воды, присутствующей в скважине: 0,25

S_{or}, «остаточная водонасыщенность»: доля неизвлекаемой нефти в скважине: 0,30

Эксплуатационная схема является следующей\

Скорость нагнетания составляет 200 $м^3$/час.

Забойное давление поддерживается ниже давления гидроразрыва на уровне 170 бар (17 МПа).

Начальная добыча составляет 80 $м^3$/день на скважину.

Этот старт может быть отрегулирован для поддержания минимального забойного давления в продуктивной скважине на уровне 10 бар (1 МПа). Нагнетаемый полимер представляет собой сополимер акриламида и акрилата натрия, имеющий молекулярную массу 15 миллионов. Его растворяют в маточном растворе с использованием измельчительного устройства (публикация WO 2008/107492) в атмосфере азота, содержащей менее 200 частей на миллион кислорода с концентрацией 10 г/литр, при начальной концентрации кислорода 20 частей на миллиард. Затем его разбавляют обработанной попутной водой, содержащей 10 частей на миллион кислорода. Этот маточный раствор разбавляют до концентрации 800 частей на миллион, обеспечивающей вязкость 19 сантипуаз по измерению вискозиметром Brookfield UL при скорости шпинделя 6 об/мин, и вязкость при нулевой скорости сдвига (реометр Bohlin Gemini) 35 сантипуаз.

Месторождение предварительно было обработано нагнетанием воды до концентрации нефти в воде 4% при расчетной теоретической отдаче 24,3% при 2% нефти.

Затем раствор полимера, содержащий 800 частей на миллион, нагнетали в течение 3 лет до концентрации нефти, составляющей 7%, полученной расчетом отдачи 32,5% при 2% нефти.

Закачивали иодный индикатор, и его обнаруживали в попутной воде на 17-й день при закачанном объеме 3400 $м^3$.

Извлеченный полимер имеет молекулярную массу 12,5 миллионов.

При таких обстоятельствах было решено повысить концентрацию полимера до 1200 частей на миллион для получения вязкости 35 сантипуаз по измерению вискозиметром Brookfield UL при скорости шпинделя 6 об/мин и вязкости при нулевой скорости сдвига (реометр Bohlin Gemini) 70 сантипуаз, чтобы учесть как разложение, так и разбавление.

Величину расхода потока воды постепенно снижали при поддержании давления нагнетания, и равновесное состояние было достигнуто для 1200 частей на миллион полимера при величине расхода потока 130 $м^3$/день.

Это значение расхода потока поддерживали в течение 26 дней.

Затем величины расхода потоков воды и полимера вернули к прежнему состоянию, в то же время отслеживая давление нагнетания в течение 8 дней.

Доля нефти в попутной воде возросла до 26%, и расчет показывает, что отдача при конечной концентрации 2% составляет около 44%.

Расход полимера в отношении добытой нефти снизился более чем в 3 раза в течение периода 2 лет.

Применение способа не требует модификации поверхностного оборудования и никакого нового химиката.

Это заменяет постоянное и значительное увеличение расхода полимера, выбранное для случая очень высоких уровней разложения в месторождении.

Формула изобретения

1. Способ добычи нефти вторичным методом в нефтеносном пласте, имеющем зоны высокой проницаемости, образующие предпочтительные проходы для нагнетаемой жидкости, содержащий следующие стадии:

а) блокирование предпочтительных проходов посредством нагнетания в пласт водного раствора, основанного на водорастворимых полимерах с концентрацией, обеспечивающей большую вязкость водного раствора по сравнению с вязкостью нефти,

б) по завершении стадии а) нагнетание водного раствора, имеющего состав, идентичный составу, использованному на стадии а), с более низкой концентрацией полимера.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что содержит до стадии блокирования предпочтительных проходов стадию определения объема предпочтительных проходов, подлежащих обработке.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что для определения объема обрабатываемых предпочтительных проходов в момент времени T1 в нефтеносный пласт нагнетается водный раствор полимера, содержащий индикатор, и затем измеряется количество закачанного водного раствора до появления индикатора в момент времени T2 в попутной воде умножением величины расхода на разность между T2 и T1.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что полимер, присутствующий в водном растворе, содержащем индикатор, идентичен полимеру, присутствующему в растворе, предназначенном для блокирования предпочтительных проходов.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что нагнетание водного раствора на основе полимера, предназначенного для блокирования предпочтительных проходов, осуществляется с постепенным уменьшением разбавления водного раствора полимера, содержащего индикатор, при сохранении одинакового давления нагнетания.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что нагнетание водного раствора по завершении стадии б) осуществляется с разбавлением нагнетаемого раствора, предназначенного для обработки предпочтительных проходов, при сохранении одинакового давления нагнетания.

7. Способ по п.3, отличающийся тем, что концентрация полимера в водном растворе полимера, содержащем индикатор, составляет между 500 и 3000 частей на миллион по массе.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что концентрация полимера в водном растворе, предназначенном для обработки предпочтительных проходов, составляет между 1000 и 10000 частей на миллион по массе.

9. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что полимер имеет молекулярную массу более 5 миллионов г/моль.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что полимер состоит из по меньшей мере одного мономера, выбранного из неионных мономеров: акриламида, метакриламида, N-винилпирролидона, винилацетата, винилового спирта, сложных эфиров акриловой кислоты, аллилового спирта, N-винилацетамида, N-винилформамида, и выборочного

одного или более ионных мономеров, выбранных из анионных мономеров, имеющих карбоксильную функциональную группу: акриловой кислоты, метакриловой кислоты и их солей, или имеющих функциональный остаток сульфоновой кислоты: 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты и ее солей.

11. Способ по п.3, отличающийся тем, что индикатор представляет собой краситель, выбранный из производных флуоресцеина или уранина, радиоактивный изотоп, выбранный из Na^{24}, Ca^{47}, J^{131}, цезия, трития, или соль, выбранную из иодида натрия или калия, хлорида калия, сульфата цинка или меди.