

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034659**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.03.03

(51) Int. Cl. **E21B 43/22** (2006.01)
C09K 8/86 (2006.01)

(21) Номер заявки
201900200

(22) Дата подачи заявки
2019.03.28

(54) СПОСОБ РАЗРАБОТКИ НЕОДНОРОДНЫХ ПО ПРОНИЦАЕМОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ

(43) 2020.03.02

(56) RU-C1-2639341
EA-A1-200970099
RU-C1-2090746
WO-A2-2012122505

(96) 2019000027 (RU) 2019.03.28

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ИСКО" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Милейко Александр Андреевич,
Новов Иван Павлович (RU)**

(74) Представитель:
Иващенко О.И. (RU)

(57) Изобретение относится к области разработки месторождений. Техническим результатом изобретения является повышение эффективности изоляции трещиноватых и/или высокопроводимых каналов. В способе предусматривают закачку в пласт суспензии предварительно сшитого полимера - ПСП на основе загущенной воды. Для этого подбирают марку ПСП, загуститель с учетом индивидуальных геолого-физических характеристик объекта и технической воды, после чего готовят композицию путем смешивания исходных частиц реагента ПСП с водой в концентрациях 0,1-1% с последующим добавлением загустителя и перемешиванием в течение не менее 30 мин. В качестве загустителя используют полиакриламид, карбоксиметилцеллюлозу, модифицированный крахмал, полиоксиэтилен или др. Используемая концентрация загустителя находится в пределах от 0,1 до 10%.

B1**034659****034659****B1**

Область техники

Изобретение относится к области геологии и разработки месторождений.

Уровень техники

Известен способ разработки обводненного неоднородного пласта нефтяной залежи, включающий закачку в пласт водной суспензии дисперсных частиц (пат. RU № 2043494, МПК E21B 43/32, E21B 33/138, опубл. 10.09.1995 г.). В качестве дисперсных частиц используют древесную муку.

Недостатком известного способа является низкая эффективность, обусловленная недостаточной водоизолирующей способностью из-за быстрого его размыва нагнетаемой водой, а также ограниченной степенью проникновения реагента в пласт, что не позволяет снижать подвижность воды в удаленных зонах.

Известен способ разработки неоднородного нефтяного пласта, согласно которому в пласт закачивают в виде первой оторочки дисперсию гель-частиц в водном растворе полимера, а в виде второй оторочки закачивают водный раствор полимера и соли поливалентного металла (патент РФ № 2299319, МПК E21B 43/22).

Способ недостаточно эффективен из-за того, что в качестве дисперсных гель-частиц предложено использовать промышленно выпускаемые водопоглощающие полимеры акриламида, нерастворимые в воде. Для указанного класса полимеров характерна сильная зависимость степени набухания от минерализации, и в водах с минерализацией более 10 г/л эти полимеры практически не набухают и соответственно не образуют гель-частиц.

Известен способ регулирования разработки нефтяных месторождений заводнением, включающий закачку в пласт водного раствора полимера и суспензии дисперсных частиц (пат. RU № 2090746, МПК E21B 43/22, опубл. 20.09.1997 г.). В качестве полимера используют полиакриламид или полиоксиэтилен, или карбоксиметилцеллюлозу. В качестве дисперсных частиц используют известковый порошок, кварцевый песок, диамитовую муку, смесь древесной муки с глинопорошком, глинопорошок.

Недостатком этого способа является низкая эффективность из-за низких значений остаточного фактора сопротивления и ограниченной степени проникновения реагента в пласт, не позволяющей снижать подвижность воды в удаленных зонах.

Использование водорастворимых полимеров для решения задач снижения проницаемостной неоднородности имеет ряд существенных недостатков: низкая селективность - гелеобразующий агент попадает во все интервалы, включая нефтенасыщенные; отсутствие эффекта повышения фильтрационных сопротивлений в высокопроницаемых зонах в коллекторах с высокой контрастностью по проницаемости и/или наличием зон трещиноватости.

Использование водорастворимых полимеров для решения задач снижения проницаемостной неоднородности для случаев с высокоминерализованной водой неэффективно из-за ухудшения реологических свойств, а также ограничено верхним пределом пластовой температуры до 90°C.

Известен способ разработки неоднородного нефтяного пласта, включающий последовательную закачку в пласт гель-дисперсной системы (ГДС) для изоляции существующей системы техногенных трещин и высокопроводящих каналов в призабойной зоне и затем закачку сшитой полимерной системы (СПС) для регулирования профиля приемистости и фильтрационных потоков в неоднородных поровых и трещиновато-поровых пластах со стороны нагнетательных скважин (заявка на изобретение № 2008134827/03, МПК E21B 43/22, публикация 27.02.2010 г.).

Недостатком данного способа является низкая эффективность изоляции разных по проницаемости трещиноватых каналов из-за невысокой дисперсности гелевых частиц, получаемых в процессе закачки полимерной композиции на воде одной минерализации.

Известен способ разработки неоднородного нефтяного пласта, основанный на периодической обработке нагнетательных скважин водной суспензией предварительно сшитого полимера ПСП (PPG), включающий закачку водной суспензии предварительно сшитого полимера ПСП (PPG) в нагнетательную скважину при проведении работ по выравниванию профиля приемистости с целью блокирования трещиноватых и высокопроницаемых зон (патент РФ № 2639341, МПК E21B 43/32, E21B 33/138, опубл. 21.12.2017 г.).

Недостатком данного способа является частичное осыпание частиц реагента на забой скважины вследствие высокой скорости оседания частиц в водном растворе, что обуславливает потери реагента и соответственно снижение эффективности изоляции трещиноватых и/или высокопроводящих каналов, а также возможные осложнения по дальнейшей работе скважины из-за пересыпания забоя, что может потребовать промывки скважины или, в худшем случае, нормализации забоя с постановкой бригады подземного ремонта скважин, что является очень дорогостоящим мероприятием.

Как показывает анализ уровня техники, общим недостатком является низкая водоизолирующая способность составов, а также использование составов и реагентов, эффективность использования которых критично зависит от состава используемой воды в качестве растворителя. Как правило, в качестве растворителя используется вода с линии нагнетательной скважины, которая в большинстве случаев является подтоварной водой с высокой степенью минерализации, загрязненная механическими примесями, нефтью, сероводородом и т.д., что для большинства вышеперечисленных технологий является вообще

неприемлемым, а для других значительно влияет на водоизолирующую способность. Для способа, основанного на периодической обработке нагнетательных скважин водной суспензией предварительно сшитого полимера ПСП, недостатком является частичное осыпание частиц реагента на забой скважины, что обуславливает непроизводительный расход реагента и соответственно снижение эффективности водоизолирующей способности, а также возможные осложнения по дальнейшей работе скважины после ее обработки.

Раскрытие изобретения

Целью настоящего изобретения является создание эффективного способа разработки неоднородных по проницаемости коллекторов, лишенного указанных недостатков.

Технический результат заключается в повышении эффективности изоляции трещиноватых и/или высокопроводимых каналов при проведении операций по выравниванию профиля приемистости и ограничению водопритока в нагнетательных и добывающих скважинах.

Суть предлагаемого решения заключается в закачке состава (композиции), образующего набухшие гель-частицы в загущенной воде. Загущенная вода представляет собой техническую воду, используемую для закачки композиции в скважину, в которую добавлен загуститель, увеличивающий ее вязкость. Способ позволяет управлять потоками воды и перенаправлять их в нефтенасыщенные зоны не только в околопризабойной зоне скважин, но и в межскважинном пространстве, при этом исключается непроизводительный расход реагента за счет отсутствия оседания частиц на забой, что позволяет исключить осложнения в работе скважины после их обработки.

Технический результат достигается за счет закачки в пласт суспензии предварительно сшитого полимера - ПСП на основе загущенной воды. Для этого подбирают марку ПСП, загуститель с учетом индивидуальных геолого-физических характеристик объекта и технической воды, после чего готовят композицию. Для этого смешивают исходные частицы реагента ПСП размером от 0,04 до 10 мм с водой в концентрациях 0,1-1%. Затем дозированно добавляют загуститель и равномерно перемешивают во всем объеме технологической емкости в течение не менее 30 мин. В качестве загустителя используют полиакриламид, карбоксиметилцеллюлозу, модифицированный крахмал, полиоксиэтилен или др. Используемая концентрация загустителя находится в пределах от 0,1 до 10%.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - сравнительный лабораторный анализ скорости оседания частиц в загущенной водопроводной воде и водопроводной воды без загустителя;

фиг. 2 - результаты лабораторных фильтрационных экспериментов по закачке ПСП в загущенной воде (растворе полиакриламида);

фиг. 3 (а, б) - сравнительный анализ результатов проведения геофизических исследований (ГИС) на примере двух нагнетательных скважин, обработанных композициями на основе загущенной воды (раствора полиакриламида) и ПСП (скв.3100 и скв.3491), и двух нагнетательных скважин, обработанных композициями на основе воды и ПСП (скв.929 и скв.851).

Осуществление изобретения

Предлагаемый способ разработки неоднородных по проницаемости коллекторов включает условно три этапа: подбор технологических параметров закачиваемой оторочки, приготовление композиции и закачку композиции в скважину.

Первый этап - подбор технологических параметров закачиваемой оторочки влияет на эффективность обработки призабойной и удаленной зоны коллектора применительно к каждой скважине на участке воздействия.

Для этого для участка со скважиной, где предполагается проводить обработку реагентом ПСП на основе загущенной воды, проводят анализ, включающий

анализ геолого-физических характеристик (ГФХ) коллектора с целью определения применимости технологии к исследуемому участку воздействия с целью выбора марки реагента ПСП и его концентрации;

анализ фактических показателей разработки и ранее проведенных ГИС скважин с целью подтверждения необходимости в проведении технологии и с целью расчета необходимого объема закачиваемой композиции;

анализ проведенных ранее трассерных исследований межскважинного пространства на данном участке с целью определения реагирующих добывающих скважин;

лабораторные испытания реагента ПСП и используемого загустителя с водой, которая будет использоваться для подготовки композиции на устье скважины, с целью подбора оптимальной концентрации загустителя. Подобранные объемы и концентрации реагентов могут корректироваться при проведении закачки исходя из фактической динамики изменения величины давления.

Предварительный подбор технологических параметров закачиваемой оторочки позволяет снизить риски неэффективных обработок, правильно подобрать объемы композиции, концентрации реагентов с целью достижения максимального технологического и экономического эффекта, снизить непроизводительный расход реагента.

ПСП (в англ. аббревиатуре: PPG - Performed Particle Gel) - предварительно сшитый полимер, пред-

ставляет собой твердые частицы, способные к поглощению жидкостей, с исходными размерами частиц от 0,04 до 10 мм. В зависимости от размера частиц ПСП подразделяется на марки, указанные в таблице.

Марка ПСП	Размер частиц
ПСП-0	0,04-0,1 мм
ПСП-1	0,1-1 мм
ПСП-3	1-3 мм
ПСП-5	3-5 мм
ПСП-10	5-10 мм

Выбор марки ПСП происходит на основе данных по проницаемостной неоднородности пласта, наличию/отсутствию трещиноватости, величине раскрытости трещин. Причем, чем выше степень проницаемостной неоднородности, чем больше величина раскрытости трещин, тем большие размеры частиц необходимо выбирать.

Частицы ПСП при попадании в воду начинают активно впитывать в себя воду, увеличиваясь в размере от 1,2 до 30,0 раз в зависимости от условий проведения эксперимента, метода исследования, состава используемой воды; один и тот же образец может впитывать разное количество воды, что отражается на его степени набухания. Время созревания ПСП составляет 30 мин (время, обеспечивающее в более чем 95% случаев степень набухания ПСП более 90% от максимального возможного значения для исследуемых условий).

Загущенная вода представляет собой техническую воду (в данном случае под термином техническая вода понимается любая вода, используемая для приготовления состава, это может быть пресная, морская, подтоварная или любая другая вода), используемую для закачки композиции в скважину, в которую добавлен реагент (загуститель), увеличивающий ее вязкость.

В качестве загустителя может использоваться полиакриламид либо любой другой подходящий загуститель, например карбоксиметилцеллюлоза, модифицированный крахмал, полиоксиэтилен или др. Используемая концентрация загустителя находится в пределах от 0,1 до 10% в зависимости от состава технической воды, используемой для приготовления, и вида загустителя согласно правилу - скорость оседания частиц ПСП в загущенной воде за время перемешивания на поверхности (до начала закачки в ствол скважины) должна быть не менее чем в 10 раз ниже, чем скорость оседания частиц той же марки ПСП в воде без загустителя.

Следующий этап - приготовление композиции. Приготовление композиции осуществляют следующим способом:

заполняют используемую технологическую емкость технической водой до необходимого уровня, включают перемешивающее устройство, обеспечивающее равномерное перемешивание во всем объеме технологической емкости;

добавляют дозированно через потокосмеситель (эжектор) заданное количество ПСП согласно выбранной концентрации;

добавляют дозированно через потокосмеситель (эжектор) заданное количество загустителя согласно выбранной концентрации;

перемешивают в течение времени, которое должно быть не менее времени созревания ПСП - 30 мин, при этом подобранная концентрация используемого загустителя за время перемешивания на поверхности (до начала закачки в ствол скважины) должна обеспечить такой уровень загущения (увеличения вязкости) технической воды, при котором степень снижения скорости оседания частиц будет не менее чем в 10 раз ниже относительно скорости оседания частиц ПСП в технической воде без загустителя (фиг. 1).

В отличие от ближайшего аналога предлагается использовать загуститель, что важно для достижения цели - увеличить вязкость композиции. Благодаря этому исключается осыпание частиц реагента на забой скважины, так как скорость оседания частиц в загущенной воде значительно меньше, чем в водном растворе. Как следствие, это приводит к повышению эффективности изоляции трещиноватых и/или высокопроводимых каналов и отсутствию осложнений после обработки скважины.

Третий этап - закачка приготовленной композиции в скважину с помощью насосного агрегата типа АЦН (ЦА)-320 или СИН-32 при условии непрерывности закачки на протяжении всего объема композиции. Суспензия частиц реагента во время закачки поддерживается во взвешенном состоянии за счет загущенной воды не только при перемешивании частиц ПСП на поверхности, но и на всем протяжении перемещения раствора от устья до интервалов поглощения в скважине.

Изменение подобранной концентрации ПСП при фактической реализации технологии на скважине зависит от давления сопротивления при прохождении перфорационных отверстий и функции роста давления по мере заполнения трещин и/или высокопроницаемых зон. Постепенный рост давления означает увеличение сопротивления в трещине и/или высокопроницаемой зоне по мере ее заполнения реагентом и переходами потока в другие зоны с проницаемостью ниже. В случае приближения давления закачки к максимальному концентрация снижается до уровня, позволяющего продолжить закачку реагента, либо

осуществляется временный переход на закачку воды с целью продвижения закаченного реагента вглубь пласта с последующим возвращением к закачке на минимальной концентрации и продолжением закачки по описанной выше схеме до закачки запланированного количества реагента в полном объеме.

Эффективность предлагаемого способа проверена экспериментально. Результаты представлены на фиг. 1-3.

На фиг. 1. показан сравнительный лабораторный анализ скорости оседания частиц в загущенной водопроводной воде и водопроводной воды без загустителя. Испытания проводились при комнатных условиях, в качестве загустителя использовался полиакриламид с молекулярной массой 18 млн, степенью гидролиза 30. Для оценки скорости оседания использовалась видеорегистрация лабораторного эксперимента. Расстояние фиксировалось двумя отметками на линейке, установленной на заднем плане прозрачного цилиндра. Скорость оседания частицы рассчитывалась как отношение расстояния, пройденного частицей между верхней и нижней отметкой на линейке, ко времени этого пути.

На фиг. 2 (а, б, в) показаны результаты лабораторных фильтрационных экспериментов по закачке ПСП в загущенной воде (растворе полиакриламида). Прямая фильтрация сточной воды через высокопроницаемый (№ 105) и низкопроницаемый (№ 336) образцы до закачки композиции ПСП + ГПАА FP-107 (а), обратная закачка композиции ПСП + ГПАА FP-107 в образцы (б), прямая фильтрация сточной воды через образцы после закачки композиции ПСП + ГПАА FP-107 (в). Контраст проницаемости между образцами 10. Фактор остаточного сопротивления 165 и 33 соответственно для высокопроницаемого и низкопроницаемого образцов.

На фиг. 3 приведен сравнительный анализ результатов проведения геофизических исследований (ГИС) на примере двух нагнетательных скважин, обработанных композициями на основе загущенной воды (раствора полиакриламида) и ПСП (скв.3100 и скв.3491), и двух нагнетательных скважин, обработанных композициями на основе воды и ПСП (скв.929 и скв.851). В том и другом случае есть перераспределение потоков нагнетаемой воды, для случая закачки ПСП на основе воды без загустителя после обработок присутствует осложнение в виде пересыпанного забоя частицами реагента.

Преимущество настоящего изобретения в том, что предложенный способ обеспечивает повышение фильтрационных сопротивлений в высокопроницаемых слоях в призабойной зоне скважин и в межскважинном пространстве в большей степени, что позволяет не повреждать низкопроницаемую нефтенасыщенную часть коллектора, за счет чего достигается высокая селективность обработки (фиг. 2);

обеспечивает повышение фильтрационных сопротивлений в высокопроницаемых зонах для коллекторов с наличием зон трещиноватости и высокими контрастами проницаемости (фиг. 2), в том числе и для случаев, характеризующихся наличием внутрипластовых перетоков между слоями с высокой и низкой проницаемостью;

исключает непроизводительный расход реагента за счет предотвращения оседания частиц на забой, что позволяет исключить осложнения в работе скважины после их обработки (фиг. 3);

не требует выдержки на время гелеобразования, т.к. это предварительно сшитый набухающий полимер, что позволяет проникать реагенту в отдаленные зоны пласта, тем самым увеличивая эффективность технологии;

не ограничен по эффективному применению для случаев с высокой минерализацией пластовой и/или закачиваемой воды, может применяться в условиях высоких пластовых температур до 120°C;

обеспечивает возможность задания требуемого уровня коэффициента приемистости после закачки реагента путем подбора параметров технологии;

обеспечивает длительное время эффекта, поскольку ПСП гарантированно сохраняет свои свойства в пластовых условиях более 1 года;

для приготовления и закачки ПСП нет необходимости использовать специализированное оборудование типа КУДР, что позволяет при реализации изобретения использовать широко применяемое специальное оборудование - СИН-32, АЦН (ЦА)-320.

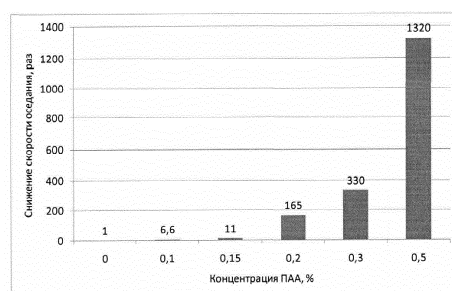
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ разработки неоднородных по проницаемости коллекторов, включающий подбор технологических параметров обработки с учетом индивидуальных геолого-физических характеристик объекта, подготовку композиции предварительно сшитого полимера ПСП и закачку композиции в скважину, отличающийся тем, что готовят композицию, для чего дозированно смешивают с водой при равномерном перемешивании заданное количество ПСП в концентрации 0,1-1%, загуститель и перемешивают в течение не менее 30 мин, закачивают композицию в скважину при условии непрерывности закачки всего приготовленного объема композиции, причем приготовление и закачку композиции ведут одновременно.

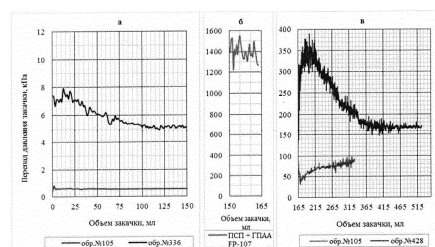
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве загустителя используют полиакриламид, карбоксиметилцеллюлозу, модифицированный крахмал, полиоксипропилен.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют ПСП размером от 0,04 до 10 мм.

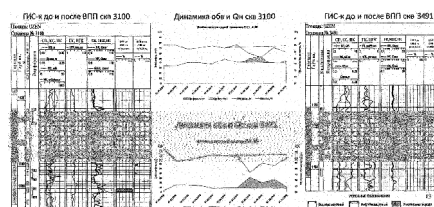
4. Способ по п.1, отличающийся тем, что концентрация загустителя находится в пределах от 0,1 до 10%.



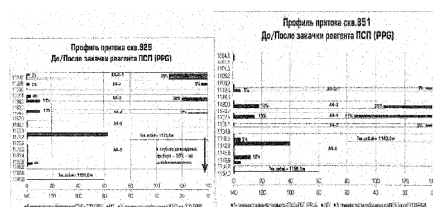
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3а



Фиг. 3б

