

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039711**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.03

(51) Int. Cl. *E21B 43/24* (2006.01)
E21B 43/27 (2006.01)

(21) Номер заявки
202100160

(22) Дата подачи заявки
2021.03.10

(54) **СПОСОБ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ**

(43) **2022.03.01**

(96) **2021/004 (AZ) 2021.03.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
НЕФТИ И ГАЗА (НИПИИГ) (AZ)**

(56) RU-C1-2277632
RU-C1-2266398
SU-953191
US-A-4702317
WO-A3-2012091880

(72) Изобретатель:
**Сулейманов Багир Алекпер оглы,
Ибрагимов Хыдыр Мансум оглы,
Рзаева Сабина Джангир кызы,
Акберова Айгюн Фазиль кызы (AZ),
Мухтанов Бакытжан Маратович (KZ)**

(74) Представитель:
Зейналова О.А. (AZ)

(57) Изобретение относится к нефтегазодобывающей промышленности, в частности к способу повышения нефтеотдачи месторождения с использованием тепловых, химических и газовых методов. Задачей изобретения является повышение эффективности способа за счет использования энергетического потенциала пласта и недорогостоящих химических реагентов, увеличение коэффициента вытеснения и обеспечение безопасного осуществления процесса. Поставленная задача решается тем, что в способе разработки нефтяной залежи, включающем последовательную закачку в скважину водных растворов калиевой соли и кислоты, перед закачкой водного раствора кислоты в пласт закачивают легкую нефть или газоконденсат, а после закачки водного раствора кислоты - воздух с последующим проталкиванием водой, при этом в качестве водного раствора кислоты используют водный раствор серной кислоты, а в качестве водного раствора калиевой соли - 16%-ный водный раствор бихромата калия.

B1

039711

039711

B1

Изобретение относится к нефтегазодобывающей промышленности, в частности к способу повышения нефтеотдачи месторождения с использованием тепловых, химических и газовых методов.

Известен способ повышения нефтеотдачи месторождения, включающий термогазовое воздействие на пласт посредством последовательного закачивания в пласт кислородсодержащего газа и воды на месторождениях с пластовой температурой 90-200°C, а после закачивания кислородсодержащего газа и перед закачиванием воды закачивают в пласт раствор бикарбоната натрия или калия или их смеси с концентрацией 20-80 г/л [1].

Недостатком способа является его низкая эффективность для низкотемпературных пластов.

Известен способ разработки нефтяного месторождения, включающий внутрислоевые окислительные реакции путем закачки в пласт через нагнетательную скважину нагретой воды и воздуха с водо-воздушным отношением 0,006-0,015 м³/м³, причем температуру продуктивного пласта доводят до 70-200°C [2].

Недостатком данного способа является низкая эффективность в результате теплопотерь при закачке нагретой воды, в особенности в глубокозалегающих продуктивных пластах.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является способ термохимической обработки призабойной зоны скважины, включающий последовательную закачку в пласт кислородсодержащего органического соединения, водного насыщенного раствора нитрата натрия или калия и 30-35%-ного водного раствора соляной кислоты, причем в качестве кислородсодержащего органического вещества используют диметилловый и уксусный эфиры, метиловый и этиловый спирты, глицерин, ацетон и др. [3].

Недостатками способа являются низкая глубина обработки пласта, низкий коэффициент вытеснения, многокомпонентность и связанная с этим многоэтапность процесса, а также высокая коррозионная агрессивность компонентов системы и продуктов ее термохимического превращения. Эффективность этого способа также невелика, так как, кроме использования дорогих реагентов, недостатком является и то, что соляная кислота может не полностью прореагировать с нитратами и выделится недостаточно теплоты для образования необходимого количества кислорода из кислородсодержащих веществ. При этом прогрев призабойной зоны окажется непродолжительным и слабым, недостаточным для перевода в текучее состояние асфальтосмолистых веществ, а при известняковом коллекторе не вступившая в реакцию соляная кислота будет разрушать, кроме кольматирующего цемента, и сами фильтрующие каналы.

Задачей изобретения является повышение эффективности способа за счет использования энергетического потенциала пласта и недорогих химических реагентов, увеличение коэффициента вытеснения и обеспечение безопасного осуществления процесса.

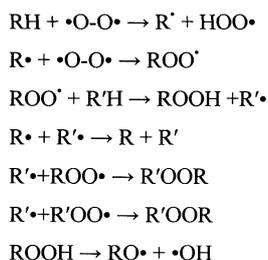
Поставленная задача решается тем, что в способе разработки нефтяной залежи, включающем последовательную закачку в скважину водных растворов калиевой соли и кислоты, перед закачкой водного раствора кислоты в пласт закачивают легкую нефть или газоконденсат, а после закачки водного раствора кислоты - воздух с последующим проталкиванием водой, при этом в качестве водного раствора кислоты используют водный раствор серной кислоты, а в качестве водного раствора калиевой соли - 16%-ный водный раствор бихромата калия.

Сущность способа заключается в том, что для возможности осуществления процесса термогазового воздействия, заключающегося в низкотемпературном окислении нефти в результате закачки в пласт кислородсодержащего газа, на месторождениях с низкими пластовыми температурами предварительно в скважину закачивают реагенты, способные вступить в экзотермическую реакцию с выделением большого количества тепла. В предложенном способе в нагнетательную скважину закачивают водный раствор бихромата калия $K_2Cr_2O_7$, обладающий сильными окислительными свойствами. После бихромата калия в пласт закачивают легкую нефть или газоконденсат, который служит разделителем и предотвращает преждевременное смешение закачанных растворов бихромата калия и серной кислоты. Также закачка разделителя способствует более глубокому проникновению растворов в пласт.

Известно, что в пласте вблизи нагнетательной скважины содержится незначительный объем нефти, а в большинстве случаев лишь остаточная нефть. Это снижает интенсивность окислительных реакций и выделение в большом количестве тепла и продуктов реакции в этой зоне. Закачка в качестве разделителя легкой нефти или газового конденсата увеличивает эффективность окислительных реакций между бихроматом калия и углеводородами, способствуя выделению больших объемов тепла и продуктов реакции.

В результате реакции пластовой нефти и закачанной в качестве разделителя легкой нефти или газоконденсата с окислителем (раствором бихромата калия) нефть присоединяет к себе кислород и происходит образование пероксидов. Процесс происходит радикальными механизмами.

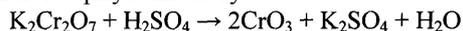
Механизм реакции радикального присоединения и механизм окисления следующий:



Таким образом, в первой стадии происходит инициирование процесса для интенсификации окислительных реакций. С этой целью в скважину вводится легкоокисляющийся агент.

В процессе окисления происходит образование альдегидов, спиртов, кислот и т.д.

После этого в пласт закачивают серную кислоту:



При взаимодействии бихромата калия с серной кислотой образуется ангидрид хрома и выделяется тепло. Хромовый ангидрид вступает в реакцию с органическими веществами - спиртами, кетонами и т.д., которые образовались при холодном окислении нефти, что способствует дополнительному росту температуры. В результате экзотермической реакции выделяется большое количество тепла.

После этого в пласт закачивают воздух. Поступление в пласт кислорода, присутствующего в составе закачанного воздуха, а также разогрев среды за счет выделившегося в результате экзотермических реакций тепла способствуют усилению процесса окисления. В результате окислительных реакций выделяется большое количество тепла, легких жидких углеводородов, углеводородных газов и углекислого газа. На следующем этапе происходит разрастание процесса окисления, в результате в пласте увеличивается количество образовавшихся газов и повышается давление. В пласте формируются тепловая и нефтевытесняющая оторочки. Происходят фазовые переходы, физико-химические изменения пластовых жидкостей и газов. Дополнительный перепад давления способствует увеличению процесса вытеснения нефти.

Скорость и температура окисления прямо пропорциональны составу углеводородов, количеству смеси, влажности и концентрации молекул кислорода. Закачка серной кислоты значительно снижает температуру активизации процесса окисления бихромата калия. Таким образом, подача воздуха и дальнейшее вступление углеводородов в экзотермическую реакцию с кислородом обеспечивают прогрев пористой среды до температуры начала самопроизвольного внутрипластового процесса окисления.

Учитывая, что в отличие от внутрипластового горения процессы окисления нефти происходят при температуре до 250°C, выделения вредных продуктов глубокой термоокислительной деструкции нефти, таких как оксиды серы, не наблюдается.

Таким образом, закачка химических реагентов обеспечивает начало процесса окисления, его равномерное распределение в призабойной зоне, расширение области, обеспечивающей начало процесса, выравнивание фронта движения зоны экзотермических реакций.

Кислород, входящий в состав закачанного следом воздуха, вступает в низкотемпературную окислительную реакцию нефти. Сформированные в процессе окисления тепловая и нефтевытесняющий фронты способствуют существенному увеличению нефтеотдачи пласта. Закачанная следом вода создает в пласте движущуюся зону экзотермических реакций.

В результате окисления пластовых углеводородов кислородом, присутствующим в закачанном воздухе, в пласте образуются газы CO₂, CO, N₂, широкая фракция лёгких углеводородов и вода. Образованные газы создают дополнительный градиент давления в пласте, часть газов растворяется в пластовых флюидах, изменяя вязкость, pH, поверхностное натяжение среды в сторону увеличения процесса вытеснения нефти из пласта к добывающим скважинам. При достижении температуры выше 65°C в самопроизвольных внутрипластовых окислительных реакциях расходуется весь закачанный в пласт кислород, что обеспечивает безопасность реализации процесса термогазового воздействия. При низких пластовых температурах (ниже 60-65°C) в результате теплопотерь в пласте без дополнительного разогрева среды осуществить процесс термогазового воздействия невозможно.

Эффективность способа повышается в связи с использованием энергетического потенциала пласта, недорогостоящих химических реагентов, а также неограниченной доступностью нагнетаемого воздуха.

Повышение температуры пласта способствует увеличению подвижности нефти, снижению вязкости, межфазного натяжения, что облегчает движение нефти к добывающим скважинам. Закачанная в пласт серная кислота, полученные в результате экзотермических реакций продукты и повышение температуры среды способствуют расплавлению и отмыву асфальтеносмолопарафиновых отложений с поверхности породы. Воздействие закачанной и полученной в результате реакций кислот на породу увеличивается с увеличением температуры, что приводит к росту проницаемости пористой среды.

Следует отметить, что в предложенном способе существует дополнительная стадия, включающая реакцию бихромата калия с закачанной легкой нефтью или конденсатом, а также с остаточной нефтью призабойной зоны, в результате чего образуются альдегиды, спирты, кислоты и т.д. Это увеличивает ин-

дукционный период экзотермических реакций и, соответственно, в отличие от прототипа значительно увеличивается глубина обработки пласта и тепловой эффект.

В способе используются раствор бихромата калия (ГОСТ 2652-78), серная кислота (ГОСТ 2184-2013), газовый конденсат стабильный (ГОСТ Р 54389-2011).

Способ осуществляется следующим образом. Выбирается участок месторождения с нагнетательной и добывающими скважинами для реализации процесса, проверяется техническое состояние выбранной под нагнетание скважины. В скважину последовательно закачивают 16%-ный водный раствор бихромата калия, легкую нефть или газовый конденсат, водный раствор серной кислоты. Вслед за реагентами в пласт нагнетается воздух в количестве 30% от объема пор. После этого производится закачка в пласт воды.

Способ проверен в лабораторных условиях.

Пример 1.

В колбу, снабженную мешалкой и термометром, заливали водный раствор 16%-ного бихромата калия, легкую нефть или газовый конденсат и перемешивали при комнатной температуре (20°C). Затем к смеси добавляли раствор серной кислоты. Наблюдали за увеличением температуры смеси и фиксировали время повышения температуры. Результаты экспериментов показаны в табл. 1.

Таблица 1

№ опыта	Раствор бихромата калия, мл	Углеводородный разделитель, мл	Раствор серной кислоты, мл	Температура смеси, °С	Время повышения температуры, мин
1	18	Легкая нефть 20	2	168	46
2	17	Газоконденсат 20	3	203	59
3	16	Легкая нефть 20	4	245	65
4	15	Газоконденсат 20	5	278	74
5	14	Легкая нефть 20	6	302	83
6	13	Газоконденсат 20	7	275	97
7	По прототипу			156	103

В результате добавки к бихромату калия легкой нефти или газоконденсата происходит холодное окисления. Добавка раствора серной кислоты способствует интенсификации экзотермических реакций и росту температуры. Максимальный эффект получается в опытах 4 и 5 при добавке 14-15 мл бихромата калия, 20 мл газоконденсата или легкой нефти и 5-6 мл раствора серной кислоты. В этом случае температура смеси значительно поднимается и достигает 300°C. Проведен опыт по прототипу, где значение максимальной температуры смеси достигало 156°C, а время повышения составило 103 мин (табл. 1).

Пример 2.

Способ испытан на экспериментальной установке, включающей линейную модель пласта, приспособления для сепарации, замера и отбора проб газа, нефти и воды. Длина линейной модели пласта составляла 1,2 м, внутренний диаметр 0,04 м. Пористая среда состояла из кварцевого песка. Создавалась модель сильнообводненного пласта. После этого в модель при термостатировании (при температуре 40°C), соблюдая пропорции предыдущего опыта, закачивали 16%-ный раствор бихромата калия в количестве 15% от объема пор, далее закачивали раствор серной кислоты в количестве 5% от объема пор. Первое экспериментальное исследование проводили без разделителя. Во втором и третьем экспериментах между реагентами закачивали 20 мл в одном случае легкой нефти, в другом - газового конденсата. Через некоторое время после закачки реагентов наблюдается рост температуры, что свидетельствует о начале процесса окисления. Далее в модели закачивают воздух в количестве 30% от объема пор, что способствует интенсификации окислительных реакций. Модели закрывают и наблюдают за ростом давления и температуры. В дальнейшем на вход модели вновь подают воду и определяют коэффициент вытеснения. Эксперименты проводили также в соответствии с прототипом. Результаты показаны в табл. 2.

Таблица 2

№ опыта	Начальный коэффициент вытеснения, д. ед.	Разделитель	Температура, °С	Давление, МПа	Время роста температуры, ч	Конечный коэффициент нефтьвытеснения, д. ед.	Прирост коэффициента вытеснения, %
1	0,571	Отсутствует	145	0,40	7,0	0,747	17,6
2	0,548	Легкая нефть	208	0,60	6,7	0,743	19,5
3	0,553	Газоконденсат	212	0,62	6,1	0,750	19,7
4 по прототипу	0,558	--	90	0,32	8,3	0,671	11,3

Как видно из экспериментальных исследований, в случае, когда в модель не закачивался разделитель (опыт 1), интенсивность экзотермических реакций значительно ниже. Это видно из наблюдений за динамикой давления и температуры. Коэффициент вытеснения в данном эксперименте составляет 17,6%. В опытах 2 и 3, проводимых с использованием разделителя, после закачки реагентов наблюдается больший рост температуры и давления, температура достигает значения выше 200°C, а давление - выше 0,6 МПа. Прирост коэффициента вытеснения в этих экспериментах составил в среднем 19,6%. Опыт 4 проводился в соответствии с прототипом. В данном случае прирост коэффициента вытеснения составил 11,3%.

Пример 3.

В процессе экспериментальных исследований, приведенных в примере 2, отбирались и анализировались пробы воды и газа. Определялся компонентный состав газа, рН воды, скорость коррозии. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 3

№ опыта	Количество CO ₂ в составе пробы газа, %	Количество SO ₂ в составе пробы газа, %	Количество O ₂ в составе пробы газа, %	рН	Скорость коррозии, г/м ² час
1	15	следы	0,01	7	0,01
2	20	—	—	8	0
3	22	—	—	8	0
4	10	2	0,02	7	0,03

Как показали результаты анализов, в первом опыте без использования разделителя количество образовавшегося углекислого газа меньше, чем в последующих, в пробе имеются следы сернистого газа и небольшое количество кислорода. Эти показатели свидетельствуют о недостаточной скорости окислительных процессов. Значение рН в этом опыте составляет 7, а скорость коррозии 0,01 г/м²·ч. В опытах 2 и 3 с использованием разделителя содержание углекислого газа в составе пробы увеличивается, а сернистый газ и кислород отсутствуют, что свидетельствует о более эффективных окислительных процессах в модели пористой среды. Также увеличивается рН среды, а скорость коррозии равна нулю. Последний опыт 4 проводился в соответствии с прототипом. Из табл. 3 видно, что его результаты не удовлетворительные.

Литература.

1. RU 2277632, E21B 43/22, 43/24, 2006.
2. А.с. СССР № 1241748, E21B 43/24, 1996.
3. RU 2023874, E21B 43/24, 43/27, 1994.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ разработки нефтяной залежи, включающий последовательную закачку в скважину водных растворов калиевой соли и кислоты, отличающийся тем, что перед закачкой водного раствора кислоты в пласт закачивают легкую нефть или газовый конденсат, а после закачки водного раствора кислоты - воздух с последующим проталкиванием водой, при этом в качестве водного раствора кислоты используют водный раствор серной кислоты, а в качестве водного раствора калиевой соли - 16%-ный водный раствор бихромата калия.

