

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039360**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.01.18

(51) Int. Cl. **C09K 8/88 (2006.01)**
E21B 43/22 (2006.01)

(21) Номер заявки
202000091

(22) Дата подачи заявки
2020.01.09

(54) **СПОСОБ РАЗРАБОТКИ НЕОДНОРОДНОГО НЕФТЯНОГО ПЛАСТА**

(43) **2021.07.31**

(56) RU-C1-2627502
RU-C1-2060359
WO-A1-2016159975
US-B1-6186231
RU-C1-2062863
RU-C2-2256678
GB-A-2229751

(96) **2020/005 (AZ) 2020.01.09**
(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
НЕФТИ И ГАЗА (НИПИНГ) (AZ)**

(72) Изобретатель:
**Суллейманов Багир Алекпер оглы,
Велиев Эльчин Фикрет оглы, Нагиева
Нурана Вагиф кызы (AZ)**

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

(57) Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, частности к способам разработки нефти из неоднородного нефтяного пласта путем выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин. Задачей изобретения является повышение эффективности вытеснения нефти из пласта за счет выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин путем частичного или полного блокирования высокопроницаемых обводненных пропластков и отклонения закачиваемой воды в низкопроницаемые нефтенасыщенные пропластки, а также снижение стоимости осуществления способа. Поставленная задача решается тем, что в способе разработки неоднородного нефтяного пласта, включающем закачку в пласт коллоидно-дисперсного геля, содержащего гидролизованный полиакриламид, в качестве дополнительного структурообразователя используют сульфированный полиакриламид, хром(III)ацетата и нанопорошок оксида титана (IV) при следующем соотношении компонентов указанной дисперсии, мас. %: сульфированный полиакриламид - 15-30; гидролизованный полиакриламид - 15-30; хром(III)ацетат - 1-5; нанопорошок оксида титана (IV) - 0-0,05; вода - остальное. При этом раствор коллоидно-дисперсного наногеля закачивают в пласт в виде оторочки в количестве 10-20% от объема пор пласта, далее осуществляют закачку воды для проталкивания состава.

B1

039360

039360

B1

Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, частности к способам разработки нефти из неоднородного нефтяного пласта путем выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин.

Известен способ разработки неоднородного нефтяного пласта, включающий последовательную закачку в пласт гель-дисперсной системы -ГДС и сшитой полимерной системы - СПС. Для получения ГДС были использованы полиакриламид - ПАА и квасцы хромо-калиевые, для получения СПС использовали ПАА и ацетат хрома. Закачку ГДС осуществляют в два этапа, используя на первом этапе ГДС, содержащую фракции более крупного размера, чем фракции ГДС, используемой на последующем этапе. При этом на втором этапе закачки ГДС используют ГДС с гелевыми частицами, размеры которых соизмеримы с размерами пор и мелких трещин, и в качестве растворителя ГДС на первом этапе используют пресную воду, а на втором этапе - воду с минерализацией не менее 15 г/л [1].

Недостатком способа является то, что формирование геля происходит в пласте вблизи нагнетательной скважины, что приводит к существенному увеличению давления нагнетания. Образование изолирующего тампона вблизи скважины существенно снижает количество дополнительной добычи нефти ввиду быстрого огибания закачиваемой водой установившего тампона. Кроме того, существенное снижение эффективности способа ввиду того, что алюмокалиевые квасцы имеют ограниченную растворимость и плохо совмещаются со сточными водами, при контакте с ними выпадает осадок гидроксида алюминия и ионы SO_4^{2-} в использованном шивателе могут образовать осадок с двухвалентными металлическими ионами, имеющими в пластовой воде, а также высокой стоимостью осуществления способа связанной с непрерывной закачкой состава в пласт.

Также известен способ разработки неоднородного нефтяного пласта, включающий закачку в пласт водной дисперсии коллоидных частиц полиакриламида, или полисахарида, или эфира целлюлозы, содержащей полиоксихлорид алюминия при следующем соотношении компонентов, мас. %: полиакриламид, или полисахарид, или эфир целлюлозы 0,005-0,5; полиоксихлорид алюминия 0,0015-0,1; вода - остальное, при этом объем указанной дисперсии рассчитывают по формуле $V=\pi R^2mh$, где R - радиус проникновения дисперсии в пласт, м; m - средняя пористость, доли единиц; h - суммарная толщина принимающих интервалов, м [2].

Недостатком данного способа является то, что водные дисперсии коллоидных частиц на основе полиакриламида, полисахарида, или эфира целлюлозы имеют низкую термическую стабильность и солеустойчивость в условиях нефтяного пласта и будут малоэффективными в скважинах с температурой выше 90°C. Кроме того, способ недостаточно эффективен из-за того, что реакция гелеобразования с полиоксихлоридом алюминия в закачиваемом растворе происходит мгновенно, а это ведет к увеличению давления закачки, усложняя тем самым технологический процесс, а также высокая стоимость осуществления способа ввиду непрерывной закачки состава в пласт.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является способ разработки неоднородного нефтяного пласта, включающий закачку в пласт коллоидно- дисперсного геля на основе гидролизованного полиакриламида и цитрата алюминия (III) при следующем соотношении компонентов, мас. %: $Al^{3+}/HРАМ-1/20$ [3].

Недостатком данного способа является то, что коллоидно-дисперсный гель на основе гидролизованного полиакриламида имеет более низкую термическую стабильность (при температуре выше 90°C предлагаемый состав нестабилен и разлагается), солеустойчивость и изолирующую способность, что выражается в низком коэффициенте остаточного сопротивления, а также высокую стоимость осуществления способа ввиду непрерывной закачки состава в пласт.

Задачей изобретения является повышение эффективности вытеснения нефти из пласта за счет выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин путем частичного или полного блокирования высокопроницаемых обводненных пропластков и отклонения закачиваемой воды в низкопроницаемые нефтенасыщенные пропластки, а также снижение стоимости осуществления способа.

Поставленная задача решается тем, что в способе разработки неоднородного нефтяного пласта, включающем закачку в пласт коллоидно-дисперсного геля, содержащего гидролизованный полиакриламид, в качестве дополнительного структурообразователя используют сульфированный полиакриламид, хром(III)ацетат и нанопорошок оксида титана (IV) при следующем соотношении компонентов указанной дисперсии, мас. %:

сульфированный полиакриламид	15-30
гидролизованный полиакриламид	15-30
хром(III)ацетат	1-5
нанопорошок оксида титана (IV)	0-0.05
вода	остальное

При этом раствор коллоидно-дисперсного наногеля, содержащий сульфированный и гидролизованный полиакриламид, хром(III)ацетат, и нанопорошок оксида титана (IV), закачивают в пласт в виде оточки в количестве 10-20% от объема пор пласта, далее осуществляют закачку воды для проталкивания раствора коллоидно-дисперсного геля.

Для приготовления коллоидно-дисперсного геля с целью разработки неоднородного нефтяного пласта были использованы сульфированный полиакриламид (15214-89-8M808); гидролизованный полиакриламид (CASNo 9003-05-8); хром(III)ацетат (CASNo 39430-51-8); нанопорошок оксида титана (IV) (CAS No 13463-67-7) и пресная вода. Для приготовления коллоидно- дисперсного геля в первую очередь 0,05% водорастворимый нанопорошок оксида титана (IV) диспергировали с анионным поверхностно-активным веществом с помощью ультразвуковой ванны. Затем готовили мономерный раствор сульфированного и гидролизованного полиакриламида. На следующем этапе в раствор полимера добавляют диспергированную суспензию нанопорошка оксида титана (IV), водный раствор триацетата хрома, pH раствора доводят до 7. Затем полученный раствор перемешивают при температуре гелеобразования с использованием магнитной мешалки и оставляют на 24 ч при комнатной температуре для обеспечения адекватного сшивания.

Сущность изобретения заключается в том, что эффективность предлагаемого способа разработки неоднородного нефтяного пласта путем выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин повышается за счет закачки в пласт оторочки коллоидно-дисперсного геля, обладающего повышенной термической и изолирующей способностью.

Способ проверен в лабораторных условиях. Для иллюстрации предлагаемого способа были приготовлены образцы коллоидно дисперсного геля, содержащего сульфированный и гидролизованный полиакриламид, хром(III)ацетат, нанопорошок оксида титана (IV) (CDG1, CDG2, CDG3, CDG4, CDG5, CDG6, прототип) и закачаны в насыпную модель пласта (табл. 1).

Образец 1. Готовится коллоидно-дисперсный гель прототипа следующего состава, мас. %:

гидролизованный полиакриламид	20
Алюминий цитрат	1
вода	остальное

Коллоидно-дисперсные гели были получены путем добавления сшивающего агента цитрата алюминия к 600 ppm полимерного раствора, приготовленного либо в 1% растворе хлорида натрия (NaCl), либо в синтетической морской воде при соотношении полимера к сшивателю 20:1. После это растворы перемешивали с высокой скоростью, используя магнитную мешалку в течение 1 ч. Затем растворы перемешивали с очень низкой скоростью при температуре 40°C. Перед закачкой коллоидно-дисперсного геля растворы фильтровали через фильтры размером 40 мкм.

Образец 2. Готовят коллоидно-дисперсный гель (CDG1) следующего состава, мас. %:

сульфированный полиакриламид	15
гидролизованный полиакриламид	15
хром(III)ацетат	1
нанопорошок оксида титана (IV)	0,05
вода	остальное

Для приготовления коллоидно-дисперсного геля в первую очередь 0,05% водорастворимого нанопорошка оксида титана (IV) диспергировали с анионным поверхностно-активным веществом с помощью ультразвуковой ванны. Затем готовили мономерный раствор сульфированного (15%-ный) и гидролизованного (15%-ный) полиакриламида. На следующем этапе в раствор полимера добавляют диспергированную суспензию нанопорошка оксида титана (IV), водный раствор триацетата хрома(1%-ный) и pH раствора доводят до 7. Затем полученный раствор перемешивают при температуре гелеобразования с использованием магнитной мешалки и оставляют на 24 ч при комнатной температуре для обеспечения адекватного сшивания.

Другие образцы коллоидно-дисперсного геля CDG3, CDG4, CDG5, CDG6 изготавливают аналогичным способом.

Опыт 1. Изучены реологические свойства образцов (CDG1, CDG2, CDG3, CDG4, CDG5, CDG6, прототип) коллоидно-дисперсного геля. Реологические свойства измерялись с использованием реометра PhysicaMCR 501 (AntonPaar, Австрия) с геометрией концентрических цилиндров. Реометр оснащён системой контроля температуры для достижения и поддержания заданной температуры. Интуитивно понятное программное обеспечение RheoCompass предлагает предопределенные, а также настраиваемые шаблоны проведения измерений. Результаты проведенных экспериментов показали незначительное снижение вязкости в течение 7 дней, что объясняется внутримолекулярным сшиванием полимерных цепей. Далее вязкость всех испытанных растворов стабилизировалась и оставалась постоянной. Небольшая концентрация полимера в составе CDG предотвращает образование структурированной гелевой системы с трехмерной сетью сформированной межмолекулярными сшивающими связями. Очевидно, продолжительность реакции сшивания составляет около 7 суток. Наблюдаемые закономерности были идентичными для всех образцов (табл. 2).

Опыт 2. Изучена термодеструкция образцов (CDG1, CDG2, CDG3, CDG4, CDG5, CDG6, прототип) коллоидно-дисперсного геля. Термодеструкция полученного геля проводилась путем помещения образцов CDG в ячейки старения при следующих температурах 80-170°C в течении 30 дней. По истечению этого периода реологические свойства этих образцов оценивали с идентичными не состаренными образцами исследуемых составов.

Общеизвестно, что пластовые условия оказывают разрушительное воздействие на полимерные системы. Дисперсная фаза CDG и отсутствие непрерывной полимерной сетки значительно снижают негативное влияние пластовых условий, предотвращая разрушение полимерных структур рассматриваемого состава. Это обеспечивается небольшой площадью контакта полимерных клубков CDG по сравнению с объемным гелем и образованием буферной зоны с низкой минерализацией, сформированной в результате смешения дисперсной фазы раствора CDG и пластовой воды.

При наличии нанопорошка оксида титана (IV) в составе CDG была отмечена более высокая термическая устойчивость в независимости от минерализации дисперсной фазы.

Результаты проведенных экспериментов (табл. 2) показали, что термодеструкция коллоидно-дисперсного геля происходит при 120°C, термодеструкция коллоидно-дисперсного геля с добавкой нанопорошка оксида титана (IV) происходит при 150°C, а термодеструкция прототипа при 90°C.

Опыт 3. Изучена изолирующая способность образцов (CDG1, CDG2, CDG3, CDG4, CDG5, CDG6, (прототип) коллоидно-дисперсного геля.

Все эксперименты проводились на 10-метровой насыпной модели на установке Strata-SlimTube с абсолютной проницаемостью 0,5-1Д по воде. Общая схема установки представлена на фиг. 1.

Фракции песка размером от 45 до 75 мкм были использованы для получения необходимой проницаемости. Вынос песка из насыпной модели предотвращался путем установки экрана из стекловолокна на входе и выходе. Весовой метод, основанный на разнице между массой сухой и насыщенной водой насыпной модели, был использован для определения пористости. После подготовки модели в пласт закачивали приготовленные образцы, и были определены фактор сопротивления ($RF_{зак}$), и остаточный фактор сопротивления ($RRF_{ост}$).

При проведении опытов основными показателями оценки эффективности являлись фактор сопротивления при закачке раствора ($RF_{зак}$), начальный градиент давления сдвига ($\Delta P_{нач}$) и остаточный фактор сопротивления коллоидно-дисперсного геля ($RRF_{ост}$).

Результаты проведенных экспериментов показали, что остаточный фактор сопротивления для разработанного геля ($RRF_{ост}$) увеличивается на 34-46% по сравнению с прототипом (табл. 3).

Опыт 3. Для изучения влияния объема оторочки закачанных реагентов на коэффициент вытеснения остаточной нефти из обводненных пластов проводились экспериментальные исследования на слоисто-неоднородной насыпной модели пласта, где проницаемость низко-проницаемого слоя составляла 0,5 мкм, а высокопроницаемого 1 мкм. Геометрические размеры модели следующие: длина - 0,8 м, внутренний диаметр - 0,04 м. Модель заполнялась кварцевым песком. Общая схема установки представлена на фиг. 2.

Пористость и объем пор рассчитывали по разности веса влажной и сухой модели пласта. После обвязки установки, при постоянной температуре (30°C) и расходе, модели насыщались пластовой водой, затем вода вытеснялась нефтью с вязкостью 9 сантипуаз (сП). Для создания модели обводненного пласта нефть вытеснялась пластовой водой до ее отсутствия в составе фильтрата на выходе из модели. Далее закачивались оторочки приготовленного образца CDG2 различного объема (в количестве 2-30% от объема пор). Затем закачивалась вода до прекращения отбора нефти. Результаты экспериментальных работ показаны в табл. 4.

Результаты экспериментов (табл. 4) показали, что максимальный прирост коэффициента вытеснения нефти (20,3-21,4%) получен при закачке оторочки коллоидно-дисперсного геля в количестве 10-20% от объема пор пласта. При дальнейшем увеличении объема оторочки увеличение значения коэффициента вытеснения нефти носило незначительный характер (0,5-1,3%) и является экономически не целесообразным ввиду значительного увеличения расхода химических реагентов.

В промысловых условиях способ разработки неоднородного нефтяного пласта осуществляют в следующей последовательности: на выбранном участке нефтяной залежи перед проведением мероприятия осуществляют комплекс геофизических и гидродинамических исследований. На основе данных этих исследований рассчитывают необходимый объем оторочки. На устье скважины готовят предлагаемый коллоидно-дисперсный гель и закачивают его через нагнетательную скважину в пласт в виде оторочки в количестве 10-20% от объема пор, далее осуществляет закачку воды для проталкивания коллоидно-дисперсного геля.

Таблица 1

Состав коллоидно дисперсного геля (масс %)	Образцы					
	CDG1	CDG2	CDG3	CDG4	CDG5	CDG6
сульфированный полиакриламид	15	15	20	20	30	30
гидролизированный полиакриламид	15	15	20	20	30	30
хром(III)ацетат	1	1	5	5	5	5
нанопорошок оксида титана (IV)	0	0,05	0	0,05	0	0,05
вода	остальное	остальное	остальное	остальное	остальное	остальное

Таблица 2

Образцы	Вязкость (мПа·с)										
	22°C	80 °C	90°C	100°C	110 °C	120 C	130 °C	140°C	150°C	160°C	170°C
<i>CDG1</i>	3,85	3,76	3,42	3,40	3,39	2,75	2,10	-	-	-	-
<i>CDG 2</i>	3,11	3,10	3,09	3,09	3,07	3,06	3,04	3,04	2,62	1,85	-
<i>CDG 3</i>	3,93	3,84	3,50	3,48	3,47	2,83	2,25	-	-	-	-
<i>CDG4</i>	3,28	3,27	3,25	3,23	3,23	3,21	3,19	2,85	2,05	-	-
<i>CDG 5</i>	4,00	3,83	3,81	3,80	3,77	3,25	2,63	-	-	-	-
<i>CDG 6</i>	3,35	3,32	3,30	3,29	3,29	3,26	2,83	1,98	-	-	-
<i>прототип</i>	4,03	4,02	3,21	1,25	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 3

Образцы	<i>RF</i>	<i>RRF</i>	Термодеструкция* с
<i>CDG 1</i>	8,2	745	120
<i>CDG 2</i>	7,5	820	150
<i>CDG 3</i>	8,3	730	120
<i>CDG 4</i>	8,0	800	140
<i>CDG 5</i>	8,4	715	120
<i>CDG 6</i>	8,1	790	130
<i>Прототип</i>	8,5	560	90

Таблица 4

№ модели	Коэффициент извлечения нефти до закачки образца, %	Объем закачанной CD G2, % от объема пор	Коэффициент вытеснения нефти после закачки образца, %	Приросткоэффициента вытеснения, %
1	53,8	2	58,9	5,1
2	53,4	5	63,8	10,4
3	52,9	7	68,7	15,8
4	53,9	10	74,2	20,3
5	53,9	20	75,3	21,4
6	53,8	30	75,4	21,6
8	53,8	непрерывно	75,6	21,8
Прототип	53,7	непрерывно	62,0	8,3

Литература

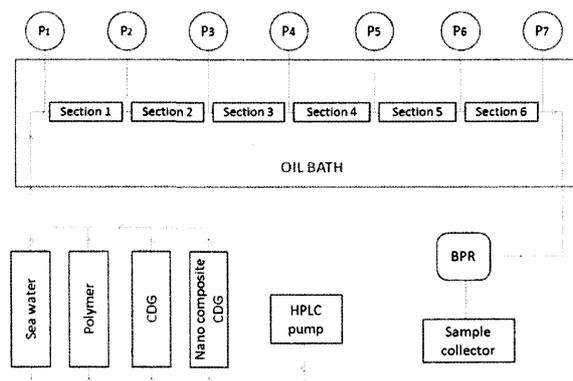
1. Патент RU 2469184 C1, E21B 43/22, опубл. 10.12.2012.
2. Патент RU 2298088 C1, E21B 43/22, C09/K 8/88, опубл. 27.04.2007.
3. SPE 129927, Propagation of colloidal Dispersion Gels (CDG) in Laboratory Corefloods, US 2007/0204989, E21B 43/22, 33/138, 33/128, опубл. 24-28.04.2010.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

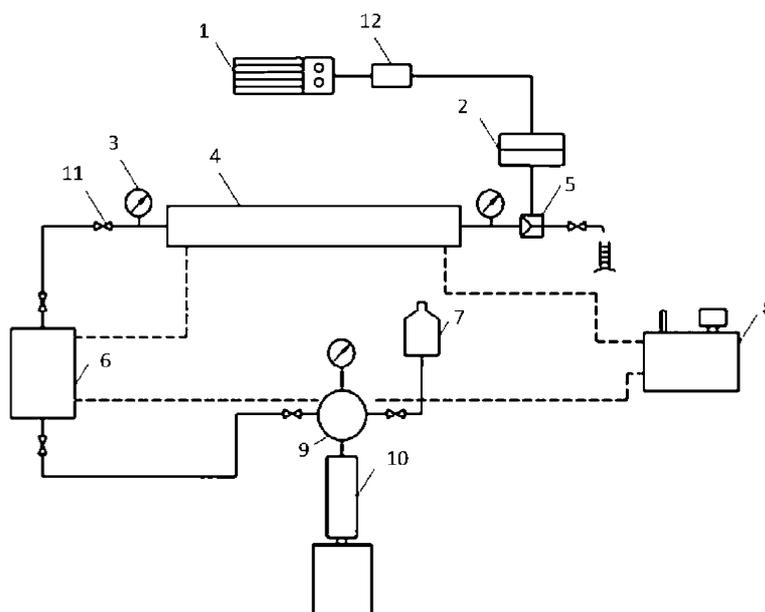
Способ разработки неоднородного нефтяного пласта, включающий закачку в пласт коллоидно-дисперсного геля, содержащего гидролизованный полиакриламид, отличающийся тем, что в качестве дополнительного структурообразователя используют сульфированный полиакриламид, хром(III)ацетат и нанопорошок оксида титана (IV) при следующем соотношении компонентов указанной дисперсии, мас. %:

сульфированный полиакриламид - 15-30;
 гидролизованный полиакриламид - 15-30;
 хром(III)ацетат - 1-5;
 нанопорошок оксида титана (IV) - до 0,05;
 вода - остальное,

при этом раствор коллоидно-дисперсного наногеля закачивают в пласт в виде оторочки в количестве 10-20% от объема пор пласта, далее осуществляют закачку воды для проталкивания состава.



Фиг. 1



Фиг. 2

1-регистратор; 2-источник; 3-манометр; 4-колонка с пористой средой; 5-тензодатчик "Сапфир"; 6-PVT камера; 7-компенсатор; 8-ультратермостат; 9-распределительный коллектор и регулятор давления; 10-дозированный насос; 11-запорные клапаны; 12 - коробка сопротивления.

