



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4714371/03  
(22) 03.07.89  
(46) 07.07.91. Бюл. № 25  
(71) Нефтегазодобывающее управление  
"Долинанефтегаз"  
(72) М.И.Рудой, В.Г.Касянчук и В.А.Петри-  
няк  
(53) 622.245 (088.8)  
(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 289194, кл. E 21 B 43/27, 1976.

### (54) СПОСОБ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА

(57) Изобретение относится к нефтегазодо-  
бывающей пром-сти. Цель - повышение эф-  
фективности способа за счет снижения  
скорости коррозии скважинного оборудова-  
ния. В остановленную скважину закачивают

2

экранирующую жидкость следующего со-  
става, мас. %: эфиры целлюлозы (ЭЦ) 1,0-  
5,0; ингибитор коррозии (ИК) 0,5-3,0; вода  
остальное. Затем в скважину нагнетают за-  
гущенный кислотный раствор, содержащий  
следующие компоненты при их соотноше-  
нии, мас. %: соляная кислота 5,0-20,0; ЭЦ  
1,0-5,0; ИК 0,2-2,0; вода остальное. Объем  
порции экранирующей жидкости составля-  
ет 0,2-0,3 объема порции загущенного кис-  
лотного состава. В качестве ЭЦ используют  
или окси-, или гидроксид-ИК-катанин КИ-1.  
Порции составов продавливают в пласт про-  
давочной жидкостью и оставляют в пласте  
на время прохождения реакции, после чего  
осваивают скважину. Способ позволяет  
снизить скорость коррозии в 2,5-2,8 раз.  
1 з.п. ф-лы, 2 табл.

Изобретение относится к нефтегазодо-  
бывающей промышленности, в частности к  
способам кислотной обработки скважин.

Целью изобретения является повыше-  
ние эффективности способа за счет сниже-  
ния скорости коррозии скважинного  
оборудования.

Способ осуществляют следующим обра-  
зом.

Скважину останавливают на время про-  
ведения обработки. Линию, по которой на-  
мечено нагнетать рабочие растворы, по-  
дключают к затрубному пространству. За-  
трубное пространство заполняют продавоч-  
ной жидкостью (нефтью, пластовой водой и  
др.) и проверяют его на наличие циркуля-  
ции. После проведения всех подготовитель-  
ных работ в затрубное пространство  
нагнетают экранирующую жидкость следу-  
ющего состава, мас. %:

Эфиры целлюлозы	1,0-5,0
Катапин	0,5-3,0
Вода	Остальное

Затем в скважину нагнетают загущен-  
ный кислотный раствор следующего соста-  
ва, мас. %:

Соляная кислота	5,0-20,0
Эфиры целлюлозы	1,0-5,0
Катапин	0,2-2,0
Вода	Остальное

Объем порции экранирующей жидкости  
составляет 0,2-0,3 объема загущенного кис-  
лотного раствора. Если объем кислоты невелик,  
то нагнетание проводят в один цикл,  
если объем кислотного раствора больше 12-  
15 м<sup>3</sup>, то его нагнетание проводится в 2-3  
приема. При этом концентрация эфиров  
целлюлозы в первом составе каждого цикла  
должна быть выше, чем в предыдущем цик-  
ле. Это необходимо для того, чтобы первая

РПФ-К



порция могла смыть предыдущий слой вязкого раствора ингибитора коррозии или загущенной кислоты, который может образоваться в случае смыва раствора ингибитора, и заново образовать новый экранирующий слой. Последнюю порцию кислотного раствора продавливают в пласт продавочной жидкостью. По окончании продавки скважину оставляют на время реакции. После этого затрубную задвижку закрывают и приступают к освоению скважины. Таким образом, отпадает необходимость в подъеме и спуске подземного оборудования, спуске и подъеме специальных насосно-компрессорных труб. Это снижает расходы на проведение обработки.

В качестве эфиров целлюлозы можно использовать или гидроксипропилцеллюлозу (ГЭЦ), или оксипропилцеллюлозу (ОЭЦ), или карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ). Концентрация полимера в растворе в общем составляет 1–5 мас.%, при этом оптимальная концентрация для КМЦ-600 равна 2–5 мас.%, а для ГЭЦ – ОЭЦ – 1–2,5, 0 мас.%. В качестве ингибитора коррозии используют катапин КИ-1.

Сущность способа состоит в следующем.

За счет предварительной закачки перед кислотным раствором состава, содержащего эфир целлюлозы, ингибитор коррозии и воду достигается снижение скорости коррозии оборудования. Указанный состав экранирует подземное оборудование от воздействия на него кислой среды (загущенного кислотного раствора). При прокачке экранирующего состава на металлической стенке образуется приграничный вязкий слой следующего строения. Непосредственно на поверхности стенки образуется адсорбционный слой, который состоит в основном только из ингибитора коррозии и небольшого количества эфира целлюлозы, что связано с адсорбционными свойствами ингибитора коррозии и эфира целлюлозы. Обычно в состав ингибитора коррозии входят компоненты, которые обладают хорошей адсорбционной способностью. Это свойство необходимо ингибитору для эффективной защиты оборудования от коррозии. Эфиры целлюлозы также являются слабыми поверхностно-активными веществами анионного и неионогенного типов. Поэтому на поверхности адсорбируется только ингибитор коррозии. Остальной объем приграничного слоя занимает вязкая жидкость, состоящая из эфира целлюлозы, ингибитора коррозии и воды.

Наличие вязкого слоя предохраняет поверхность колонны от доступа к ней менее

вязкой жидкости. Если вязкость загущенного кислотного раствора больше вязкости жидкости приграничного слоя, то это может привести к смыву приграничного слоя за счет вытеснения его более вязкой жидкостью. В предлагаемом способе используют две порции полимерных растворов.

При одинаковом содержании эфиров целлюлозы в составах вязкость первой порции всегда больше вязкости второй порции. Это связано с влиянием добавки на вязкость водного раствора полимера. В случае ингибитора коррозии вязкость водного раствора полимера либо остается на прежнем уровне, либо увеличивается. Например, ингибитор катапин КИ-1 приводит к увеличению вязкости, что связано с влиянием уротропина (составная часть катапина КИ-1). В случае использования соляной кислоты вязкость раствора полимера уменьшается, что связано с уменьшением pH среды. Таким образом, при последовательном нагнетании в скважину указанных составов в начале всегда движется более вязкая жидкость, а после нее – менее вязкая жидкость.

Таким образом, предварительная закачка раствора, содержащего эфиры целлюлозы, ингибитор коррозии и воду, позволяет создать на поверхности скважинного оборудования экранирующий слой, состоящий из адсорбционного слоя ингибитора коррозии и вязкого слоя, содержащего водный раствор эфира целлюлозы и ингибитора коррозии. При этом концентрация эфира целлюлозы как в первой порции, так и во второй должна быть одинаковой. Это необходимо для того, чтобы вязкость первой порции была всегда выше вязкости второй порции, а также для того, чтобы не наблюдалось размывания вязкого слоя из-за миграции молекул эфира целлюлозы из более концентрированного раствора в менее концентрированный.

В табл. 1 представлены физико-химические свойства агрессивных сред и экранирующих жидкостей.

Минимальное содержание эфиров целлюлозы составляет 1%, поскольку при такой концентрации достигается максимальное снижение скорости коррозии металла загущенным кислотным раствором (табл. 1, опыты 6, 9 и 12). Максимальное содержание эфиров целлюлозы ограничивается концентрациями, при которых еще не возникает затруднений с приготовлением рабочих растворов.

Последовательное нагнетание вязкого раствора ингибитора коррозии и загущенного кислотного раствора позволяет за счет образования экранирующего слоя снизить



скорость коррозии оборудования. Лабораторные исследования показали, что предварительное экранирование образца металла позволяет снизить скорость коррозии металла. Методика определения скорости коррозии металла состоит в следующем. В качестве образца металла используют сталь-45. В качестве агрессивной среды используют 10%-ную соляную кислоту или ее с одной из добавок: катапина КИ-1, ГЭЦ, КМЦ-600, ОЭЦ, а также модель пластовой воды – водные растворы хлористого кальция (табл. 1).

Исследования проводят при 80°C и атмосферном давлении. В опытах моделируют наиболее сложную ситуацию: загущенный кислотный раствор в результате непредвиденной ситуации находится в межтрубном пространстве при 80°C. Для этого образец металла из стали-45 предварительно 10–20 мин выдерживают в экранирующей жидкости, после чего его переносят в стакан с кислотным раствором, нагретым до 80°C. Объем кислотного раствора выбирают из расчета 4 мл раствора на 1 см<sup>2</sup> поверхности. Время выдержки образца в кислотном растворе составляет 1,5–2,0 ч (среднее время закачки кислоты в пласт). По окончании реакции образец стали-45 тщательно промывают от органических остатков и определяют изменение его массы.

Данные о результатах определения скорости коррозии стали-45 представлены в табл. 2.

В ходе исследований установлено, что использование предлагаемого способа позволяет существенно снизить скорость коррозии подземного оборудования по сравнению с известным. При использовании предлагаемых составов скорость коррозии стали-45 при 80°C составляет  $(148–2400) \cdot 10^{-6}$  г/м<sup>2</sup>·мин, а в 10%-ном растворе соляной кислоты –  $30460 \cdot 10^{-6}$  г/м<sup>2</sup>·мин (табл. 1, опыт 1). Совместное использование ингибитора коррозии (катапина КИ-1) и эфира целлюлозы (ГЭЦ, ОЭЦ) в соляной кислоте приводит к синергетическому эффекту по сравнению с их отдельным использованием. Дополнительное выдерживание образца металла в экранирующей жидкости позволяет дополнительно снизить скорость коррозии.

Так, для наилучших результатов скорость коррозии стали-45 по предлагаемому способу лишь в 30–45 раз выше, чем стали-45 в пластовой воде (0,5–2,0%-ный раствор хлористого кальция).

Таким образом, использование предлагаемого способа, т.е. последовательное на-

гнетание раствора, содержащего эфиры целлюлозы, катапин КИ-1 и воду, а затем загущенной эфирами целлюлозы кислоты, позволяет снизить скорость коррозии скважинного оборудования по сравнению с известным.

Порядок приготовления составов следующий.

Расчетное количество эфира целлюлозы растворяют при 50–60°C в расчетном количестве воды. Затем в приготовленный раствор добавляют при перемешивании расчетное количество катапина КИ-1, в случае кислотного раствора – соляной кислоты.

**Пример 1.** 5 г (5 мас.%) КМЦ-600 растворяют при 50–60°C в 92 г (92 мас.%) воды. Затем в этот раствор добавляют при перемешивании 3 г (3 мас.%) катапина КИ-1 (табл. 1, опыт 22).

**Пример 2.** 1,7 г (1,7 мас.%) ГЭЦ растворяют при 50–60°C в 96,3 г (96,3 мас.%) воды. Затем в этот раствор добавляют при перемешивании 2 г (2 мас.%) катапина КИ-1 (табл. 1, опыт 15).

**Пример 3.** 1 г (1 мас.%) ОЭЦ растворяют при 50–60°C в 98,5 г (98,5 мас.%) воды. Затем в этот раствор добавляют при перемешивании 0,5 г (0,5 мас.%) катапина КИ-1 (табл. 1, опыт 17).

**Пример 4.** 1 г (1 мас.%) ГЭЦ растворяют при 50–60°C в 82,1 г (82,1 мас.%) воды. Затем в этот раствор добавляют при перемешивании последовательно 0,2 г (0,2 мас.%) катапина КИ-1 и 16,7 г (5 мас.%) HCl и 11,7 мас.% воды) 30%-ного раствора соляной кислоты.

**Пример 5.** 2 г (2 мас.%) ОЭЦ растворяют при 50–60°C в 64,2 г (64,2 мас.%) воды. Затем в этот раствор добавляют при перемешивании последовательно 0,5 г (0,5 мас.%) катапина КИ-1 и 33,3 г (10 мас.%) HCl и 23,3 мас.% воды) 30%-ного раствора HCl.

**Пример 6.** 5 г (5 мас.%) КМЦ-600 растворяют при 50–60°C в 26,4 г (26,4 мас.%) воды. Затем в этот раствор добавляют при перемешивании последовательно 2 г (2 мас.%) катапина КИ-1 и 66,6 г (20 мас.%) HCl и 46,6 мас.% воды) 30%-ного раствора соляной кислоты.

Например для кислотной обработки выбирают нефтяную скважину. Исходные данные: глубина скважины 2460 м, интервал перфорации 2365–2440 м, пластовая температура 53°C, пластовое давление 14,6 МПа, эксплуатационная колонна 146 мм, насосно-компрессорные трубы диаметром 73 мм с подземным оборудованием спущены до глубины 2350 м.



Основным технологическим параметром для расчета процесса является объем кислотного раствора. Например, необходимо закачивать в скважину  $18 \text{ м}^3$  загущенной кислоты. Нагнетание данного объема кислоты проводят в два цикла по  $9 \text{ м}^3$  в каждом. Объем первой порции определяют, используя исходные данные. Объем экранирующей жидкости равен  $0,3 \cdot 18 \text{ м}^3 = 5,4 \text{ м}^3$ . Концентрация ГЭЦ в каждой из порций в первом цикле составляет, например, 1 мас.%, а во втором цикле – 1,5 мас.%. Концентрации остальных компонентов следующие, мас. %: катапин КИ-1 1; соляная кислота 10. Таким образом, в процессе обработки в скважину последовательно закачивают  $2,7 \text{ м}^3$  экранирующей жидкости, содержащей, мас. %: ГЭЦ 1; катапин КИ-1 1 и вода остальное;  $9 \text{ м}^3$  загущенного кислотного раствора, содержащего, мас. %: HCl 10; ГЭЦ 1; катапин КИ-1 1 и вода остальное;  $2,7 \text{ м}^3$  экранирующей жидкости, содержащей, мас. %: ГЭЦ 1,5; катапин КИ-1 1 и вода остальное;  $9 \text{ м}^3$  загущенного кислотного раствора, содержащего, мас. %: HCl 10; ГЭЦ 1,5; катапин КИ-1 1 и вода остальное, т.е. в общем  $5,4 \text{ м}^3$  экранирующей жидкости и  $18 \text{ м}^3$  загущенного кислотного раствора.

Объем жидкости для заполнения скважины  $V_{з.ж}$  определяют из уравнения

$$V_{з.ж} = \pi [(R^2 - r^2)H + R^2 h],$$

где  $R$  – радиус скважины, м;  
 $r$  – внешний радиус НКТ, м;  
 $H$  – высота НКТ, м;  
 $h$  – расстояние от нижних отверстий перфорации до башмака НКТ, м.

$$V_{з.ж} = 3,14 \cdot [(0,061^2 - 0,036^2) \cdot 2350 + 0,061^2 \cdot 90] = 19 \text{ м}^3.$$

После остановки скважины заполняют затрубное пространство  $19 \text{ м}^3$  продажной жидкостью. Затем последовательно нагнетают  $2,7 \text{ м}^3$  экранирующей жидкости,  $9 \text{ м}^3$

загущенного кислотного раствора,  $2,7 \text{ м}^3$  экранирующей жидкости и  $9 \text{ м}^3$  загущенного кислотного раствора. Последнюю порцию кислотного раствора продавливают в пласт  $19 \text{ м}^3$  продажной жидкостью. Если есть необходимость кислотный раствор продавливать глубже в пласт, то количество продажной жидкости увеличивают на необходимый объем, который определяется расчетно или практически.

Использование предлагаемого способа позволяет в 2,5–2,8 раз снизить скорость коррозии промыточного оборудования и значительно сократить эксплуатационные расходы.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ кислотной обработки пласта, включающий нагнетание кислотного раствора в пласт по затрубному пространству, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности способа за счет снижения скорости коррозии скважинного оборудования, в пласт через затрубное пространство перед нагнетанием кислотного раствора закачивают экранирующую жидкость следующего состава, мас. %:

Эфиры целлюлозы	1,0–5,0
Катапин	0,5–3,0
Вода	Остальное

а в качестве кислотного раствора в пласт через затрубное пространство нагнетают загущенный кислотный раствор, имеющий следующий состав, мас. %:

Соляная кислота	5,0–20,0
Эфиры целлюлозы	1,0–5,0
Катапин	0,2–2,0
Вода	Остальное.

при этом объем порции экранирующей жидкости составляет 0,2–0,3 от объема кислотного раствора.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве эфиров целлюлозы в закачиваемых через затрубное пространство экранирующей жидкости и загущенном кислотном растворе используют или гидроксиэтил-, или оксиэтил-, или карбоксиэтил-целлюлозу.



Таблица 1

Опыт	Состав, мас. %				Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Вязкость мПа·с	Скорость кор- розии стали-45, 10 <sup>-6</sup> г/м <sup>2</sup> ·мин
	Эфир целлюлозы	Катапин КИ-1	Добавки	Вода			
1 (из- вест- ный)	-	-	HCl 10	90	1048	1,3	30460
2	-	0,5	То же	89,5	1050	1,3	1310
3	ГЭЦ 1	-	"	89	1059	104	31290
4	КМЦ-600 1	-	"	89	1058	12	29510
5	ГЭЦ 0,8	0,5	"	88,7	1056	114	580
6	ГЭЦ 1	0,5	"	88,5	1060	384	450
7	ГЭЦ 2	0,5	"	87,5	1062	759	435
8	ОЭЦ 0,8	0,5	"	88,7	1057	139	630
9	ОЭЦ 1	0,5	"	88,5	1058	408	480
10	ОЭЦ 2	0,5	"	87,5	1062	873	440
11	КМЦ-600 0,8	0,5	"	88,7	1058	8,5	7000
12	КМЦ-600 1	0,5	"	88,5	1058	14	6100
13	КМЦ-600 2	0,5	"	87,5	1059	49	5750
14	ГЭЦ 1	0,5	"	98,5	1006	1880	-
15	ГЭЦ 1,7	2	"	96,3	1012	8450	-
16	ГЭЦ 2,5	3	"	94,5	1018	17800	-
17	ОЭЦ 1	0,5	"	98,5	1007	2310	-
18	ОЭЦ 1,7	2	"	96,3	1013	12600	-
19	ОЭЦ 2,5	3	"	94,5	1017	31100	-
20	КМЦ-600 1	0,5	"	98,5	1007	42	-
21	КМЦ-600 3	2	"	95	1012	356	-
22	КМЦ-600 5	3	"	92	1017	10600	-
23	-	-	CaCl <sub>2</sub> 0,5	99,5	1008	1,1	4
24	-	-	CaCl <sub>2</sub> 2	98	1015	1,2	6

Таблица 2

Состав		Скорость коррозии стали-45, 10 <sup>-6</sup> г/м <sup>2</sup> ·мин
Экранирующая жидкость	Загущенный кислот- ный раствор	
14	6	184
17	9	163
20	12	2400

Редактор И.Шулла

Составитель Ю.Журов  
Техред М.Моргентал

Корректор М.Демчик

Заказ 2106

Тираж 368

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101

