

УДК 622.24.063: 547.458.61:54-41:

Сравнение свойств крахмальных реагентов в системе минерализованного бурового раствора

Comparison of Starch Reagent Properties in a System of Mineralized Drill Mud



А.В. Анисимов

И.В. Лодина

Lodina_IV@surgutneftegas.ru

А.В. Анисимов

Anisimov_AV@surgutneftegas.ru

/ОАО «Сургутнефтегаз» «СургутНИПИнефть»,
г. Сургут/

I.V. Lodina, A.V. Anisimov

/ОАО «Surgutneftegas», «SurgutNIPIneft»,
Surgut/

Поднята проблема загрязнения продуктивных пластов, возникающая из-за проникновения в поровое пространство частиц твердой фазы и фильтрата бурового раствора. Представлен хлоркалийевый буровой раствор (ХКР), в рецептуре которого присутствуют крахмал и биополимер, способные разлагаться за короткое время, что позволяет поровому пространству коллектора очищаться после воздействия ХКР. Описаны исследования, проведенные в целях сравнения свойств крахмальных реагентов, которые используются для приготовления хлоркалийевого бурового раствора. Представлены результаты испытаний, на основе которых сделаны выводы об оптимальном выборе крахмалов с точки зрения цены и качества.

The authors consider a problem of reservoir damages that arise in case when solid phase particles and drill mud filtrate invades into porous space. They present the potassium chloride (KCl) drilling mud that contains starch and biopolymer. These agents can be decomposed within a short time and this effect enables the reservoir porous space to be cleaned after the application of KCl mud. The paper contains the description of the research performed to compare the properties of starch reagents that are used to make potassium chloride drilling mud. The authors also illustrate the test results used as the basis to make the conclusions on optimum selection of starch from the viewpoint of its cost and quality.

Ключевые слова: вскрытие продуктивных пластов, хлоркалийевый буровой раствор (ХКР), ингибирующая активность, солевой раствор KCl, крахмальные реагенты.

Key words: reservoir drilling-in, potassium chloride (KCl) mud, inhibiting activity, KCl salt solution, starch reagents.

Хлоркалийевый буровой раствор (ХКР) – это минерализованный буровой раствор с минимальным содержанием твердой фазы и биоразложимой полимерной основой. Раствор обладает высокой ингибирующей активностью в сочетании с превосходными удерживающими и выносящими способностями, обеспечивает требуемые смазывающие свойства, легок в приготовлении и обслуживании,

максимально защищает призабойную зону пласта, экологически безопасен. Применяется на месторождениях Западной Сибири для вскрытия продуктивных пластов.

Технология первичного вскрытия продуктивных пластов существенно влияет на проницаемость стенок скважины, а значит, и на дебиты добываемой нефти. Загрязнение продуктивных пластов обусловлено проникновени-

ем в поровое пространство частиц твердой фазы и фильтрата бурового раствора. Присутствие в растворе в качестве ингибирующего электролита ионов калия придает ему высокие ингибирующие характеристики, а фильтрат, насыщенный ионами калия, в зоне проникновения оказывает минимальное влияние на глинистую составляющую цемента нефтесодержащего коллектора, что предотвращает сужение поровых каналов и минимизирует воздействие на него промывочной жидкости.

В рецептуре раствора присутствуют крахмал и биополимер, способные под воздействием бактерий разлагаться за короткое время. Эта особенность позволяет поровому пространству коллектора очищаться после воздействия ХКР от проникших в него компонентов раствора.

Выбор концентрации KCl

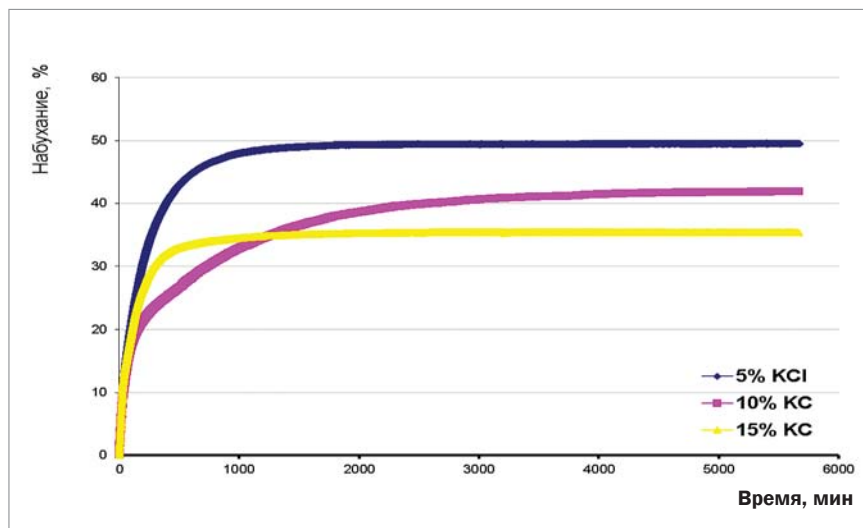
Ингибирующую способность определяли на приборе Dynamic Lainer Swellmeter Complete w/ Compactor (тестер динамики набухания глинистых сланцев) в соответствии с СТО 103-2013.

Ингибирующая способность ХКР регулируется содержанием KCl. Влияние соли на ингибирующую активность раствора представлено на рисунке, из которого видно, что с повышением концентрации KCl ингибирующая сила раствора увеличивается. Увеличением концентрации KCl можно регулировать плотность и ингибирующую активность ХКР. Оптимальная концентрация KCl при его содержании в исходном растворе – 10 %, при этом набухание образцов составило 43,6 %.

Выбор крахмала

Крахмальные реагенты

Были рассмотрены крахмальные реагенты: «ПолиКР-Ф», «Полицелл ФКР», «Полицелл КМК-бур2, КМК-бур1(В), КМК-бур1(Н)» – ЗАО «Полицелл»; «Климамил Р125» – ООО «Климовский крах-



Влияние концентрации KCl в системе раствора ХКР

мал»; «Реамил» – ООО «Химпром»; «Амилор Р122» – ООО «Миррико»; «Мультистар» – ООО «Буринтех»; «Реатрол» – ОАО «ИКФ»; ЕСТАМЫЛ SMS, ЕСТАМЫЛ НТ – HAINUA INDUSTRY GROUD, BauDF Starch – ООО «Baulux». В качестве сравнительной базы использовался крахмал FLO-TROL производства ОАО «ИКФ».

По внешнему виду все перечисленные крахмалы представляют

собой сыпучие порошки с крупностью помола не более 0,5 мм, от белого до кремового цвета, без запаха, с влажностью не более 8 %. Крахмалы получают из природного сырья, поэтому свойства товарных крахмалов, предлагаемых на рынке, сильно отличаются друг от друга (табл. 1). Все они должны эффективно снижать водоотдачу насыщенного минерализованного раствора KCl.

Таблица 1

Реологические и фильтрационные свойства крахмалов в растворе KCl (12 %)

№ п/п	ХКР с крахмалом (2,5 %), ρ = 1070 кг/м ³	Параметры раствора							
		T, с	Φ300	Φ600	СНС, дПа	В, см ³ /30 мин	pH	η _{пл} , сПз	t ₀ , дПа
1	FLO-TROL	20	10	18	15/15	14,0	9,4	8	10
2	ПолиКР-Ф	16	5	9	0/0	вытек	8,5	4	5
3	Полицелл ФКР	16	8	13	5/5	вытек	8,5	5	14
4	Полицелл КМК-бур2	24	20	31	5/14	16,0	8,9	11	43
5	Климамил Р125	16	7	13	10/14	вытек	9,0	6	5
6	Реамил	16	5	10	1/1	44,0	10,0	5	0
7	Амилор Р122	36	27	39	19/24	8,4	7,4	12	82
8	Мультистар	20	10	15	15/15	вытек	9,2	5	24
9	КМК-бур1(В)	18	13	22	14/19	50,0	9,9	9	19
10	КМК-бур1(Н)	24	23	35	5/5	36,0	10,2	12	53
11	Реатрол	16	4	8	0/0	28,0	8,3	4	0
12	ЕСТАМЫЛ SMS	16	9	13	5/10	26,0	11,2	4	24
13	ЕСТАМЫЛ НТ	18	13	25	5/5	24,0	12,8	12	5
14	BauDF Starch	16	4	8	5/5	20,0	11,2	4	0

Определение качества крахмалов

Способность крахмалов снижать фильтрацию солевого раствора KCl определяли следующим образом: устранили содержание ионов жесткости в питьевой воде путем обработки бикарбонатом натрия. Остаточное значение ионов жесткости должно быть не более 60 мг/л. Обработали воду крахмальными реагентами с концентрацией 2,5 %. После полного растворения крахмалов к растворам добавили каустическую соду до повышения pH = 9,5÷10,5 и ввели по массе к объему раствора 12% соли KCl. Перемешали получившиеся растворы в течение 1 часа и замерили реологические и фильтрационные параметры в соответствии международным стандартом API и СТО 103-2013. Результаты представлены в табл. 1.

Для дальнейших исследований были исключены крахмалы, не держащие фильтрацию минерализованного раствора.

Испытания ХКР в лабораторных условиях

Растворы ХКР на основе эффективных крахмалов подвергли искусственному старению. Данное исследование позволяет определять способность растворов сохранять первоначальные параметры в процессе бурения скважины под воздействием температуры. Процесс старения моделировали путем прогревания растворов при 80 °С в течение 16 часов в роликовой печи в соответствии с СТО 103-2013 «Методика контроля параметров буровых и тампонажных растворов». Рецептуры, параметры ХКР до и после прогрева представлены в табл. 2.

Все протестированные крахмальными реагентами имели индивидуальные реологические и фильтрационные характеристики, не совпадающие по свойствам друг с другом. Реагенты FLO-TROL и THRU-TROL одинаково эффективно снижают фильтрацию ХКР, однако FLO-TROL имеет сильные загущающие

свойства. Ориентируясь на основной показатель – снижение фильтрации минерализованного KCl раствора – удовлетворительные результаты показали крахмальные реагенты: «Амилор P122», КМК-бур1(В), КМК-бур2, ЕСТАМЫЛ НТ, ВауDF Starch. ХКР на основе крахмала КМК-бур1(В), ВауDF Starch и ЕСТАМЫЛ НТ после прогрева уступали по фильтрации FLO-TROL и THRU-TROL, но находились в пределах нормы (растворы № 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, табл. 2). ХКР на основе крахмала «Амилор P122» имел высокую вязкость (раствор № 3), поэтому концентрацию данного реагента уменьшили до 15 кг/м³. Снижением концентрации «Амилор P122» в растворе № 4 добились удовлетворительной реологии, при этом фильтрация раствора не увеличилась. Крахмал КМК-бур2 хорошо снижал фильтрацию минерализованного раствора № 8 (после прогрева фильтрация дополнительно не снижалась), однако плохо загущал раствор. Увеличение концентрации КМК-бур2 в растворе № 9 до 30 кг/м³ позволило приблизить параметры системы к требуемым значениям вязкости и фильтрации. Крахмалы «Мультистар», КМК-бур1(Н), ЕСТАМЫЛ SMS и «Реатрол» после прогрева плохо держали фильтрацию дисперсной среды раствора в условиях стандартного замера.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что удовлетворительными свойствами по снижению показателя фильтрации и реологическими параметрами для системы ХКР в большей степени удовлетворяют крахмальными продуктами «Амилор» P122 (ООО «Миррико», г. Казань) с расходом до 20 кг/м³ и КМК-бур2 (ЗАО «Полицелл», г. Владимир) с расходом до 30 кг/м³.

Исследование остаточной проницаемости керна после воздействия на него ХКР

Воздействие раствора ХКР на проницаемый коллектор определяли на установке FDTES-100-140

фирмы Core Lab, позволяющей моделировать процессы фильтрации технологических жидкостей через керновый материал. Исследования проводились с использованием одного образца керна. Образцы представляли собой цилиндры диаметром 30 мм и высотой 30 мм. Метод заключался в сравнении проницаемостей керна материала (по керосину) до и после прокачивания через него растворов ХКР и «ИКАРБ +».

Результаты исследований представлены в табл. 3, где Q – расход жидкости при прокачке, мл/мин, ΔP – перепад давления при прокачке, psi, V – объем прокачиваемой жидкости через керна, м, K – проницаемость образца, мД, n – коэффициент восстановления проницаемости, %.

Порядок проведения эксперимента:

- 1) прокачка керосина в прямом направлении при Q – 2 мл/мин;
- 2) прокачка ХКР в обратном направлении при ΔP – 2,5 МПа;
- 3) прокачка керосина в прямом направлении при Q – 2 мл/мин.

Исходные данные по керну, через который прокачивали ХКР: месторождение Федоровское, скважина № 7785, пласт БС16, образец № 3058-98, проницаемость по газу 41,3 мД, пористость 20,1 %, размеры образца – длина 29,4 мм, диаметр 31,0 мм.

Исходные данные по керну, через который прокачивали «ИКАРБ +»: месторождение Федоровское, скважина № 7785, пласт БС16, образец № 13683-96, проницаемость по газу 33,0 мД, пористость 21,6 %, размеры образца: длина 33,2 мм, диаметр 29,6 мм.

По результатам исследования можно сделать вывод, что воздействие раствора ХКР с крахмалом «Амилор P122» и системы «ИКАРБ +» с крахмалом FLO-TROL на керна с близкими фильтрационными характеристиками идентично.

При рассмотрении экономической стороны стоит отметить, что

Таблица 2
Параметры хлоркалийевых растворов, стабилизированные крахмальными реагентами

№	Марка и концентрация крахмала, г/л	Условия	Параметры раствора								
			ρ , кг/м ³	T, с	Φ 600	Φ 300	СНС, дПа	V, см ³ /30 мин	pH	$\eta_{пл}$, мПа·с	t_0 , дПа
1	FLO-TROL (20)	свежеприготовленный	1100	132	90,6	66	52/64	4,8	10	24,6	198,7
		после прогрева	1100	120	89,7	66,3	54/66	4,8	9,5	23,4	205,9
2	THRU-TROL (20)	свежеприготовленный	1100	56	63,6	45,3	32/39	4,8	9,7	18,3	129,6
		после прогрева	1100	60	65,8	47,5	36/45	4,8	9	18,3	140
3	Амилор Р122 (20)	свежеприготовленный	1100	н/т	68	51	46/65	4,8	8,4	17	163
		после прогрева	1100	44	48,5	36,2	41/58	5,6	7,8	12,3	114,7
4	Амилор Р122 (15)	свежеприготовленный	1100	54	53,3	37,8	30/43	4,8	9,0	15,5	107
		после прогрева	1110	40	43,1	30,5	22/36	5,6	8,3	12,6	85,9
5	Мультистар (20)	свежеприготовленный	1100	28	39	27	20/22	4,8	9,3	12	72
		после прогрева	1100	20	22	15	13/10	16	8,6	7	38
6	КМК-бур1(В) (20)	свежеприготовленный	1100	64	64	47	43/53	5,8	8,5	17	144
		после прогрева	1100	56	60	43	38/53	6,4	10,5	17	125
7	КМК-бур1(Н) (20)	свежеприготовленный	1100	28	48	32	19/24	6,2	8,9	16	77
		после прогрева	1100	20	27	17	5/5	17,6	10,8	10	34
8	КМК-бур2 (20)	свежеприготовленный	1100	32	41	28	8/30	7,0	10,6	13	72
		после прогрева	1100	28	37	24	14/29	5,4	9,8	13	53
9	КМК-бур2 (30)	свежеприготовленный	1100	56	66,4	44,2	22/38	5,2	9,5	22,2	107,5
		после прогрева	1100	60	65,3	44,6	15/37	4,4	8,5	20,7	114,7
10	Реатрол (20)	свежеприготовленный	1100	36	31,7	20,6	23/18	3,6	8,6	11,1	45,6
		после прогрева	1100	20	20,2	13,9	11/8	15,6	8,3	6,3	36,5
11	Ectamyl SMS (20)	свежеприготовленный	1100	52	55,9	39,2	31/38	4,8	9,4	16,7	108
		после прогрева	1100	20	31,5	19,8	9/8	10	9,9	11,7	39
12	Ectamyl HT (20)	свежеприготовленный	1100	32	41	29	24/34	6	11,0	12	82
		после прогрева	1100	24	35,5	24,7	23/23	6	10,6	10,8	66,7
13	Bau DF Starch (20)	свежеприготовленный	1100	44	42,3	29,3	31/36	5,4	9,6	13	78,2
		после прогрева	1100	36	44,7	30,9	28/36	5,6	9,6	13,8	82

Таблица 3

Результаты исследования остаточной проницаемости кернового материала после воздействия буровых растворов

№	Виды операций	Q, мл/мин	ΔP, psi	V, мл	K, мД	п, %
1	Прокачка керосина до ХКР	1	3,2	183,2	68,3	-
2	Прокачка керосина после ХКР	1	7,3	471,5	30	43,9
3	Прокачка керосина до «ИКАРБ +»	2	3,5	252,3	107	-
4	Прокачка керосина после «ИКАРБ +»	2	8,3	583,3	45,1	42,1

при использовании рецептуры ХКР с крахмалом марки «Амилор Р122» производства ООО «Миррико» цена 1 м³ раствора составит 5 094,92 руб., тогда как цена аналогичного по своим свойствам и действию раствора «ИКАРБ +» с крахмалом FLO-TROL производства ОАО «ИКФ» – 15 114,51 руб. При условии приготовления 160 м³ бурового раствора для бурения хвостовика экономический эффект от внедрения ХКР на одну скважину составит 1 603 134,4 руб.

Выводы

1. Для приготовления хлоркалиевого бурового раствора оптимальным является использование крахмалов FLO-TROL производства ОАО «ИКФ»; «Амилор Р122» производства ООО «Миррико» и «Полицелл КМК-бур2» производства ЗАО «Полицелл». Использование других марок приводит к увеличению фильтрации раствора или его загущению.

2. Результаты исследований на кернах с близкими фильтрационны-

ми характеристикам показали, что воздействие раствора с подобранным крахмалом «Амилор Р122» в подобранной системе ХКР и в системе «ИКАРБ +» с крахмалом FLO-TROL идентично.

3. Хлоркалиевый буровой раствор на основе крахмала «Амилор Р122» в сравнении с аналогичной системой «ИКАРБ +» на основе крахмала FLO-TROL ОАО «ИКФ» оптимален с точки зрения цены и качества, так как цена 1 м³ данного раствора втрое ниже.



ПРАВИТЕЛЬСТВО
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

9-11
ДЕКАБРЯ
2014



ТЕХНО
форум



ВВЦ
РЕГИОН



EXPO NET

Г. ВОЛГОГРАД

ВВЦ «РЕГИОН»
тел.: (8442) 26-51-86,
24-26-02
www.regionex.ru

ТЕХНОФОРУМ

Промышленно-технические выставки

XV специализированная промышленно-техническая выставка

ОБОРУДОВАНИЕ- НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМИЯ

XVII специализированная выставка оборудования, технологий для нефтяной и газовой промышленности и нефтеперерабатывающего комплекса

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

XIII выставка-конференция энергосберегающих технологий, оборудования, возобновляемых источников энергии

РЕГИОН-ЭЛЕКТРО

XI выставка электротехнического оборудования, электрических машин, приборов, аппаратов и современных технологий в электроэнергетике