



УДК 622.24

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ БУРОВОГО РАСТВОРА НА ОСНОВЕ ФОРМИАТОВ КАЛИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ БУРЕНИЯ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ



DRILLING SYSTEM APPLICATION BASED ON POTASSIUM FORMATES FOR INCREASING DRILLING SPEEDS IN COMPLICATED CONDITIONS

Соловьева В.А.

студентка,
Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова
id.yug2016@gmail.com

Рыбальченко Ю.М.

кандидат технических наук,
Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова

Аннотация. В статье предлагается рассмотреть новый высокоэффективный буровой раствор на основе формиата калия. В рамках внедрения такой системы раствора на месторождениях деятельности ПАО «Газпромнефть» проведены полномасштабные лабораторные исследования, на основании которых разработаны и определены к применению в полевых условиях рецептуры, а также разработаны алгоритмы поддержания инженерного сопровождения свойств данной системы бурового раствора при бурении.

Ключевые слова: раствор на основе формиата калия, степень ингибированности глинистых отложений, экологическая безопасность, термостабильность, реологический профиль, строительство сложных наклонно-направленных и горизонтальных скважин, показатель фильтрации, пластическая вязкость и динамическое напряжение сдвига.

Solovieva V.A.

Student,
South Russian State Polytechnic University
(NPI) named after M.I. Platov
mustafa.altaee@mail.ru

Rybalchenko Yu.M.

Candidate of Technical Science,
South Russian State Polytechnic University
(NPI) named after M.I. Platov

Annotation. The article proposes to consider a new highly effective drilling fluid based on potassium formate. As part of the introduction of such a solution system, full-scale laboratory studies were conducted at the fields of Gazpromneft PJSC, on the basis of which formulations were developed and determined for use in the field, and algorithms were developed to maintain engineering support for the properties of this drilling mud system during drilling.

Keywords: solution based on potassium formate, degree of inhibition of clay deposits, environmental safety, thermal stability, rheological profile, construction of complex directional and horizontal wells, filtration rate, plastic viscosity and dynamic shear stress.

Минимизация проблем в процессе строительства скважин-одна из основных задач, стоящих перед промывочными жидкостями.

Наиболее актуальным является вопрос создания и внедрения в производство простых, но вместе с тем эффективных систем буровых растворов, в составе которых дефицитные дорогостоящие компоненты используются минимально или не используются вовсе. При этом в качестве главной выдвигается задача получения максимальных показателей работы долота, проходки за рейс и механической скорости бурения.

Промывка скважин относится к ключевым элементам проводки скважин, именно от нее порой зависит судьба глубокой скважины в осложненных условиях. При выборе типа промывочной жидкости и ее составляющих для конкретных условий бурения необходимо выполнение основных параметров бурения.

В зависимости от расположения геологического района, различных глубин технология бурения может кардинально отличаться. Поэтому не одинаковы и требования, предъявляемые к промывочным жидкостям. В настоящее время существует широкий спектр буровых промывочных жидкостей, каждая из которых решает определенные проблемы в процессе углубления скважин.

Диапазон типов промывочных жидкостей, применяемых в буровой практике, варьируется от технической воды и глинистых растворов различного качества, а также естественных, наработанных из разбуриваемых пород, до ингибированных, эмульсионных реверсивно-инвертируемых, полимер-катионных и других систем для бурения сложнейших скважин в условиях с тяжелой геологической нагрузкой.

Кроме того, сегодня в зарубежной и отечественной буровой практике разработаны и внедрены в практику бурения буровые растворы с низким содержанием твердой фазы и безглинистые буровые растворы, имульсионно-глинисто-карбонатные растворы, буровые растворы пониженной плотности с естественной полисолевой минерализацией, безглинистые полимерно-солевые буровые растворы и растворы на основе пластовых вод для бурения соленосных отложений и заканчивания скважин [1].



Успешность проводки скважин главным образом зависит от использования эффективных составов БР и технологии управления их свойствами.

Несмотря на значительное многообразие существующих типов БР, повышение эффективности строительства скважин за счет их дальнейшего совершенствования в большей мере исчерпано.

Поэтому на данном этапе развития технологии бурения разработка новых, более совершенных БР для повышения скоростей бурения в сложных горно-геологических условиях является весьма актуальной задачей.

В последние годы достаточно новым направлением в создании эффективных рецептур БР является разработка и внедрение безбаритовых систем БР на основе формиата калия-абсолютно органического продукта.

В свою очередь формиаты обладают рядом преимуществ по сравнению с неорганическими солями, как по степени ингибированности глинистых отложений, сланцев, так и в области экологической безопасности. Одновременно с этим использование формиатов калия приводит к повышению термостабильности буровых растворов на основе полисахаридных реагентов. Такие промывочные жидкости имеют низкую коррозионную активность, что позволяет использовать дорогостоящее оборудование для бурения, освоения скважин и инструменты. Формиат калия полностью совместим с пластовыми флюидами по уровню pH, воздействию на буровые растворы.

Применение органических солей приводит к снижению коэффициента трения буровых растворов, что особенно важно при сложном наклонно-направленном, горизонтальном бурении скважин.

Термостабильность буровых растворов на основе формиатов позволяет бурить любые скважины, вне зависимости от их градиента температур. Благодаря возможности применения полисахаридных реагентов для стабилизации реологических и фильтрационных параметров таких промывочных жидкостей удаётся достигать низких значений показателя фильтрации и стабильных, регулируемых в широких пределах значений пластической вязкости и динамического напряжения сдвига [1,2,3].

Обладая рядом значительных технических преимуществ, перечисленных выше, основным недостатком солей формиатов является сравнительно высокая стоимость по сравнению с другими солями, традиционно применяемыми для приготовления буровых растворов. Таким образом, при решении вопроса о применении систем буровых растворов на основе формиатов, ключевым является выбор между высокой стоимостью, сопоставимой со стоимостью растворов на углеводородной основе, и ожидаемым технологическим эффектом от применения.

На основании проведенных лабораторных исследований, включавших в себя замеры ингибирующей и смазывающей способностей, было принято решение о реализации полномасштабных полевых испытаний на Яунлорском месторождении [3,4].

Для реализации опытно-промышленных работ на суше была выбрана горизонтальная скважина. Строительство горизонтальных скважин на Яунлорском месторождении осложнено рядом геологических особенностей, в том числе: для входа в продуктивный пласт под углом 85–90° и последующего спуска эксплуатационной колонны приходится прибегать к бурению интервалов со сложной пространственной интенсивностью в условиях повышенных геомеханических напряжений разбурываемых пород, которое сочетается с проявлением пластовой агрессии (карбонатной/бикарбонатной), влияние которой негативным образом сказывается на управлении физико-химическими параметрами бурового раствора.

В результате вышеуказанных особенностей, процесс строительства горизонтальных скважин на Яунлорском месторождении в ряде случаев осложняется нестабильностью ствола, нарушением свойств буровых растворов, что приводит к увеличению сроков строительства относительно плановых. Для сокращения сроков строительства и минимизации геологических осложнений, на протяжении всего времени разбуривания месторождения применялись различные технологические решения и приемы, направленные на оптимизацию процесса бурения.

Для бурения интервала 220 мм было реализовано применение рецептуры, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура бурового раствора для применения на Южно-Приобском месторождении

Материал		Кония	Функция
Формиат калия	м ³ /м ³	0,95	Основа раствора, утяжелитель, ингибитор глин
Карбонат калия	кг/м ³	4–5	Буфер pH
Кальц. соды	кг/м ³	5	Буфер pH
Каустическая сода	кг/м ³	0,5	Регулятор pH
Ксантановая смола	кг/м ³	2–2,5	Структурообразователь
ПАЦ высоковязкая	кг/м ³	2	Понизитель фильтрации
ПАЦ низковязкая	кг/м ³	4	Понизитель фильтрации
Мод. крахмал	кг/м ³	16	Понизитель фильтрации
Карбонат кальция	кг/м ³	80	Формирование фильтрационной корки



С использованием системы на основе формиата предполагалось пробурить интервал с последовательным увеличением удельного веса с 1,25 г/см³ при выходе из-под башмака кондуктора до 1,41 г/см³ на окончательном забое.

Применение данного технологического приема позволило снизить концентрацию твердой фазы низкой плотности и обеспечить достижение высоких технико-экономических показателей бурения. По окончании бурения интервала 220 мм предполагалось разбавить оставшийся буровой раствор и продолжить бурение горизонтального участка в продуктивном пласте с плотностью 1,25–1,30 г/см³, снизив концентрацию выбуренной породы низкой плотности.

В процессе бурения интервала 220 мм проблем с движением инструмента при проведении плановых СПО не возникало. В целом процесс строительства интервала проходил в плановом режиме, параметры бурового раствора на основе формиата калия на всём протяжении бурения выдерживались в рамках программы. С глубины 1800 м в работу были запущены две центрифуги, которые позволяли эффективно контролировать выбуренную породу, а концентрация карбоната кальция в буровом растворе периодически восполнялась дополнительными обработками циркулирующего объема. Показатель водоотдачи системы регулировался обработками полианионной целлюлозы низкой и высокой вязкости, позже применялись обработки полианионной целлюлозой низкой вязкости в сочетании с модифицированным крахмалом. Данное сочетание позволило эффективно снизить показатель фильтрации до минимальных значений.

Основным ингибитором в системах на основе формиата калия является катион калия K⁺ в очень большой концентрации. В силу размеров ионного радиуса катионы калия могут входить в межпакетные пустоты кристаллической поверхности глинистых минералов, прочно срачивая их пакеты, способствуя межслойной дегидратации глин. [5] Начальные значения данного показателя при бурении интервала транспортной колонны составили 250000 мг/л. Обработки на пополнение позволяли поддерживать концентрацию ионов калия при бурении, интенсивность снижения концентрации напрямую соотносилась с бурением интервалов, сложенных глинистыми породами.

В таблице 2 и 3 приведены параметры бурового раствора на основе формиата калия при бурении интервалов 220 и 154 мм.

Таблица 2 – Параметры раствора при бурении интервала 220 мм

		Интервал, м			
		1385-2300	2300-2600	2600-2950	2950-3129
Плотность раствора	г/см ³	1,28-1,33*	1,33-1,36*	1,36-1,4*	1,4 - 1,45*
Условная вязкость	с/кварта	40-55	40-55	45-60	45-60
Пластическая вязкость	сП	15-35			
ДНС	фнт/100фт ²	≥15	≥17		≥19
СНС (10сек/10мин)	фнт/100фт ²	6-15/10-35			
Содержание песка	%	<1			
pH	--	9,5-11			
Толщина корки	мм	<1			
Содержание Cl ⁻ /K ⁺	мг/л	0/≥200000			0/≥220000
Содержание Ca ⁺⁺	мг/л	<3000			
МВТ	кг/м ³	<45			
Содержание смазки	%	0			
Водоотдача	мл/30мин	≤6,5	≤6		≤5,5
Содержание CaCO ₃	кг/м ³	≥60	≥80/≤120		

На рисунке 1 выделена скважина, пробуренная с применением раствора на основе формиата калия. Хотя с применением системы пробурен не самый сложный профиль, достигнуты минимальные сроки строительства, составившие 10 дней. Средние сроки строительства интервала транспортной колонны на данной кустовой площадке составляют 26 дней в подготовленной выборке скважин.



Таблица 3 – Параметры раствора при бурении интервала 154 мм

Плотность раствора	г/см ³	1,25-1,3*
Условная вязкость	с/кварта	45-60
Пл-ская вязкость	сП	12-30
ДНС	фунт/100фт ²	20-35
СНС (10сек/10мин)	фунт/100фт ²	10-15/15-30
Содержание песка	%	<0,5
рН	--	≥9,5-11
Толщина корки	мм	<1
Содержание Cl ⁻ /K	мг/л	0/≥80000
Содержание Ca ⁺⁺	мг/л	<3000
МВТ	кг/м ³	<12
Содержание смазки	%	-
Фильтрация	мл/30мин	≤5
CaCO ₃	кг/м ³	≥40/≤120
LSRV	мПа*с	≥25000
НТНР	мл/30мин	<12



Рисунок 1 – Сравнительный анализ сроков строительства интервала под эксплуатационную колонну по кустовой площадке

В дополнение к сокращению сроков строительства, при проводке скважины с применением системы на основе формиата калия, за счет применения одного типа бурового раствора для бурения двух интервалов, были получено снижение общего объема приготовления бурового раствора и сокращение объема отходов при бурении.

С применением системы на основе формиата калия на Яунлорском месторождении удалось на 32 % снизить объем приготовления бурового раствора, при этом основные параметры раствора (содержание твердой фазы и концентрация коллоидной твердой фазы МВТ) были ниже, чем на других скважинах с применением стандартной рецептуры бурового раствора. Дополнительно получено снижение общего объема утилизации бурового раствора на 56 % относительно среднего значения для соседних скважин. За счет гибкости системы бурового раствора на основе формиата калия, в конце бурения интервала под транспортный ствол он был конвертирован для бурения горизонтального участка, что позволило отказаться от чистки емкостей перед бурением интервала под хвостовик и утилизации отработанного объема бурового раствора.

Высокая устойчивость к цементной агрессии позволила провести разбурку цементного стакана без изменения физико-химических параметров бурового раствора. Бурение по продуктивному пласту было продолжено без каких-либо временных затрат и дополнительных сбросов и обработок.

Опытное применение раствора на основе формиата калия на Яунлорском месторождении подтвердило возможность получения сниженных реологических параметров, минимальной концентрации твердой фазы и, как следствие, снижение ЭЦП и давления на буровом насосе.



Несмотря на ряд преимуществ, достигнутых по реологическим параметрам, снижению содержания твердой фазы и снижению коэффициента трения, оценить влияние системы раствора на мех. скорость бурения на пробной скважине в полной мере не удалось, скважина пробурена с мех. скоростью, близкой к средней по 526 кусту. Важно отметить, что при бурении скважин использовались различные КНБК и различные подрядчики по наклонно-направленному бурению. Основное сокращение по срокам строительства интервала достигнуто за счет сокращения времени на промывку, шаблонировку и СПО на 28 %. Сравнительный анализ приведен на рисунке 1.

Основным ингибитором в системах на основе формиата калия является катион калия K^+ в очень большой концентрации. Начальные значения данного показателя при бурении интервала транспортной колонны составили 250 000 мг/л. Обработки на пополнение позволяли поддерживать концентрацию ионов калия при бурении, интенсивность снижения концентрации напрямую соотносилась с бурением интервалов, сложенных глинистыми породами.

Проведенные опытно-промышленные работы по применению бурового раствора на основе формиата калия в условиях проводки горизонтальных скважин Яунлорского месторождения ПАО «ГАЗПРОМнефть» позволяют рекомендовать разработанную систему промывочной жидкости для продолжения лабораторных исследований и опытно-промышленных работ по более убедительному выявлению эффективности предлагаемой системы раствора и окончательному технико-экономическому обоснованию применения данной рецептуры.

Выводы

1. Доказано преимущество формиата калия перед другими системами буровых растворов, в частности перед раствором на углеводородной основе.
 2. Разработана и предложена технология приготовления и применения буровых растворов на основе формиата калия.
 3. Доказана эффективность предложенного бурового раствора, за счет высокого ингибирующего действия, снижения реологических показателей, минимальной концентрации твердой фазы, уникальной смазывающей способности при достаточной экологической безопасности.
 4. Показана способность такого раствора оказывать укрепляющее действие на стенки скважины в интервалах, сложенных глинами и глиносодержащими породами, склонными к разупрочнению.
- Применение раствора на основе формиатов калия позволяет успешно сооружать скважины с высоким коэффициентом сложности в условиях АВПД, а также малых диаметров.

Литература

1. Крысин Н.И., Крапивина Т.Н. Повышение скоростей бурения и дебитов нефтегазовых скважин : монография. – М. : Инфра-Инженерия, 2018. – 340 с.
2. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Рыбальченко Ю.М. Буровые промывочные жидкости : учеб. пособ. ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск : Лик, 2014. – 374 с.
3. Рожкова О.В., Федоровская В.А. Применение солей формиатов калия и натрия в качестве компонентов для приготовления биополимерсолевого карбонатного раствора.
4. Черевко С.А., Хомутов А.Ю., Сыроегин М.А. и др. Применение безбаритовой системы БР UNIFORMK на основе формиата калия при строительстве горизонтальной скважины на продуктивный пласт «АС» Южно-Приобского месторождения // Бурение и нефть. – 2017. – № 7–8. – С. 48–53.
5. Рыбальченко Ю.М. Разработка промывочной жидкости для бурения разведочных скважин в осложненных условиях : дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 150 с.

References

1. Krysin N.I., Krapivina T.N. Increasing drilling speeds and oil and gas production rates : Monograph. – M. : Infra-Engineering, 2018. – 340 p.
2. Tretyak A.Ya., Savenok O.V., Rybalchenko Yu.M. Drilling flushing fluid : Textbook. benefits SRSPU (NPI) named after M.I. Platov. – Novocherkassk : Lik, 2014. – 374 p.
3. Rozhkova O.V., Fedorovskaya V.A. The use of salts of potassium and sodium formates as components for the preparation of biopolymer salt carbonate solution.
4. Cherevko S.A., Khomutov A.Yu., Syroegin M.A. etc. The use of the UNIFORMK barite-free BR system based on potassium formate in the construction of a horizontal well on the AS production reservoir of the South Priobskoye field // Drilling and Oil. – 2017. – № 7–8. – P. 48–53.
5. Rybalchenko Yu.M. Development of flushing fluid for drilling exploratory wells in complicated conditions : dis. ... cand. tech. sciences. – M., 2009. – 150 p.