И.А. Бахтигареев, В.Т. Гирфанов, Г.А. Тептерева, Г.В. Конесев (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПО ЦЕЛЕВОМУ НАЗНАЧЕНИЮ ЛИГНОСУЛЬФОНАТНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Ilshat A. Bakhtigareev, Vadim T. Girfanov, Galina A. Teptereva,
Gennady V. Konesev (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa,
Russian Federation)

INCREASING THE EFFICIENCY OF TARGETED PURPOSE OF LIGNOSULFONATE REAGENTS FOR DRILLING FLUIDS

Введение

В современной буровой практике при бурении сложнопрофильных скважин предъявляются высокие требования к буровым промывочным жидкостям ввиду необходимости поддержания их технологических параметров для профилактики возникновения возможных осложнений при проводке скважины, особенно с горизонтальным окончанием. В этом направлении хорошо зарекомендовали себя ингибированные полимерглинистые и безглинистые буровые растворы на водной основе, содержащие в своем составе лигносульфонатный компонент.

В данной статье рассматриваются реагенты для снижения расхода за счет регулирования вязкости и показателя фильтрации буровых растворов на основе лигносульфонатов нейтрально-сульфитного способа варки. В качестве модифицирующих агентов предложено применение АМ-1, ПГ-1 и ГЛТ-1.

Background

In modern drilling practice, when drilling complex-profile wells, high requirements are imposed on drilling fluids, due to the need to maintain their technological parameters in order to prevent the occurrence of possible complications during well drilling, especially with a horizontal end. In this direction, inhibited polymer-clay and clay-free water-based drilling fluids containing a lignosulfonate component have proven themselves well.

This article discusses reagents for reducing consumption by adjusting the viscosity and filtration rate of drilling fluids based on lignosulfonates of the neutral-sulfite cooking method. As modifying agents, it is proposed to use AM-1, PG-1 and GLT-1.

Цели и задачи

Подбор модификаторов для повышения эффективности целевого назначения реагента на основе нейтрально-сульфитного лигносульфоната.

Проведение экспериментальных исследований по влиянию модификаторов АМ-1, ПГ-1 и ГЛТ-1 на технологические свойства лигносульфонатных буровых систем.

Методы

Инструментальные методы определения по РД 39-00147001-773-2004 параметров буровых промывочных жидкостей с добавками лигносульфонатных реагентов, модифицирующих систем в составе полимеров и спиртов как при отдельном, так и совместном их вводе в буровой раствор.

Результаты

Проведен анализ исследований по лигносульфонатным реагентам, подбор и экспериментальное изучение модифицирующих добавок (АМ-1, ПГ-1, ГЛТ-1) для глинистого бурового раствора, повышающих эффективность реагентов на основе нейтрально-сульфитных лигносульфонатов.

Вывод

Определены перспективы применения лигносульфонатных систем, модифицированных реагентами АМ-1, ПГ-1 и ГЛТ-1 как для глинистых, так и для безглинистых буровых промывочных жидкостей при бурении скважин в осложненных условиях.

Aims and Objectives

Selection of modifiers to improve the efficiency of the targeted application of the reagent based on neutral sulfite lignosulfonate.

Experimental studies on the effect of modifiers AM-1, PG-1 and GLT-1 on the technological properties of lignosulfonate drilling systems.

Methods

Instrumental methods to GD 39-00147001-773-2004 for determining the parameters of drilling fluids according with the addition of lignosulfonate reagents, modifying systems in the composition of polymers and alcohols, both in the case of their separate and joint introduction into the drilling fluid.

Results

The analysis of studies on lignosulfonate reagents, selection and experimental study of modifying additives (AM-1, PG-1, GLT-1) for clay drilling mud, which increases the efficiency of reagents based on neutral sulfite lignosulfonates.

Conclusion

The prospects for the use of lignosulfonate systems modified with AM-1, PG-1 and GLT-1 reagents for both clayey and clayless drilling fluids when drilling wells in complicated conditions have been determined.

Ключевые слова: лигносульфонат; буровые реагенты; конденсированная сульфит-спиртовая барда (КССБ); снижение расхода; снижение показателя фильтрации; нейтрально-сульфитный; модификация

Key words: lignosulfonate; drilling fluids; condensed sulfite-alcohol bard (KSAB); consumption reduction; filtration rate reduction; neutral-sulfite; modification

Бурение скважин сложного профиля с большими и сверхдальними отходами от вертикали часто сопровождается потерей устойчивости стенок в интервалах глинистых пород (глин, аргиллитов, глинистых сланцев), их обвалами, затяжками и прихватами компоновок низа буровых колонн.

Для профилактики подобных осложнений широкое распространение получили ингибированные полимерглинистые и безглинистые буровые растворы на водной основе, в которых стабилизация по показателям фильтрации и вязкости осуществляется комплексом химических реагентов, содержащих,

практически в обязательном порядке, лигно-сульфонатный компонент.

Сырьем для получения лигносульфонатных реагентов является лигносульфонат технический (ЛСТ), получаемый в виде побочного продукта при переработке древесины на целлюлозно-бумажных комбинатах (ЦБК) [1].

Современные лигносульфонатные реагенты для буровых растворов применяются в основном как понизители вязкости и фильтрации. Эффективность указанного целевого назначения реагентов существенно зависит от ряда факторов, особенно от методов их модифицирования и качества исходного ЛСТ.

Как известно, лигносульфонаты сульфитных варок значительно изменили свои физико-химические свойства в связи с переходом большинства перерабатывающих предприятий на нейтральные способы делигнификации древесины. Буровые реагенты ухудшили свои качественные характеристики:

снизилась реакционная, комплексообразующая способность и величина работы адсорбции [2].

В этой связи, становится целесообразным провести подбор модификаторов для лигносульфонатных реагентов нейтрально-сульфитного способа варки с целью повышения качественных показателей буровых растворов.

При модификации матрицы фенолом или формальдегидом получают ряд понизителей фильтрации (ПФ) буровых растворов на глинистой или безглинистой основе в виде конденсированной сульфит-спиртовой барды (КССБ).

Известны и выпускаются несколько марок понизителей фильтрации, среди которых КССБ-1, КССБ-2, КССБ-4, КССБ-2М, КССБ-4Т, КССБ-Ф.

Параметры глинистого раствора при добавлении различных лигносульфонатных реагентов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры глинистого раствора с добавлением КССБ

Состав раствора	Параметры			Снижение ПФ, %
	ρ, кг/м ³	УВ, с	Показатель фильтрации, см ³ / 30 мин	
№ 1 ИГР: вода+5 % глинопорошка	1030	21	18	-
№ 1 + 3 % КССБ-2М(п)	1040	16	9	50
№ 1 + 3 % КССБ-4Т(п)	1040	16	6	66,7
№ 1 + 1 % КССБ-2М(п)	1030	17	11	38,9
№ 1 + 1 % КССБ-4Т(п)	1030	17	10	44,44

Исходный глинистый раствор готовился из Серпуховского глинопорошка марки ПБМВ. Показатели свойств глинистого раствора (плотность, условная вязкость и водоотдача) измерялись на приборах соответственно АГ-ЗПП, СПВ-5 и фильтр-пресс FANN. Во всех опытах pH поддерживался на уровне 8-8,5.

В таблицах 2-5 приведены результаты не менее трех параллельных измерений.

Из таблицы 1 видно, что лигносульфонатные реагенты при добавке 3 % в исходный глинистый раствор снижают показатель фильтрации в пределах 50-66,7 %, в то время, как их 1 %-ая добавка снижает ПФ лишь на 38,9-44,44 %.

Актуальным представляется более глубокое снижение показателя фильтрации раствора при меньшей концентрации лигносульфонатного реагента.

В этой связи, предложен и защищен патентом РФ способ модификации матрицы лигносульфонатов фосфорсодержащими функциональными группами в составе этидроновой кислоты (ОЭДФ кислота) [3].

Результаты исследований реагента КССБ-Ф представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что модификация нейтрально-сульфитного лигносульфоната со сниженной реакционной способностью ОЭДФ кислотой позволяет получить каче-

ственный целевой продукт КССБ-Ф, обеспечивающий снижение показателя фильтрации на 50 % при 3 %-ой добавке и 30,6 % при 1 %-ой и 0,5 %-ой добавке реагента.

Вместе с тем, известна модификация матрицы нейтрально-сульфитного лигносульфоната фосфоновыми соединениями в составе нитрилотриметилфосфоновой кислоты и триполифосфата натрия [2].

Исследовались другие методы модифицирования с использованием полиацетальгликоля [4], трибутилфосфата (ТБФ) [5], солей гуминовых кислот (УЩР, ТЩР) [6], механохимической активации реагента путем дезинтеграторной обработки [7] и др.

Таблица 2. Параметры глинистого бурового раствора с добавками КССБ, модифицированной ОЭДФ кислотой

Состав раствора	Параметры			Снижение ПФ, %
	ρ, кг/м ³	УВ, с	Показатель фильтрации, см ³ / 30 мин	
№ 1 ИГР: вода+5 % глинопорошка	1030	21	18	-
№ 1 + 3 % КССБ-Ф	1040	16	9	50
№ 1 + 1 % КССБ-Ф	1030	16	12,5	30,6
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф	1030	16	12,5	30,6

Таблица 3. Параметры глинистого раствора с добавлением реагента АМ-1

Состав раствора	Параметры			Снижение ПФ, %
	ρ, кг/м ³	УВ, с	Показатель фильтрации, см ³ / 30 мин	
№ 1 ИГР: вода+5 % глинопорошка	1030	21	18	-
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+3 % АМ-1	1030	17	8	55,6
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+5 % АМ-1	1030	16	7	61,1
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф+3 % АМ-1	1030	16	8	55,6
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф+5 % АМ-1	1030	16	6,5	63,9
№ 1 + 0,3 % КССБ-Ф+5 % АМ-1	1030	16	7,8	56,7

С целью дальнейшего повышения эффективности лигносульфонатных реагентов нами было проведено экспериментальное изучение других модифицирующих систем в составе полимеров и спиртов.

В лабораторных экспериментах было рассмотрено влияние многоатомных спиртов (ПГ-1 и ГЛТ-1) и полисахаридов (АМ-1), как дополнительных добавок совместно с лигносульфонатным реагентом КССБ, на водоотдачу глинистого раствора. Результаты проведенных исследований представлены в таблицах 3-5.

Из таблицы 3 видно, что дополнительный ввод реагента АМ-1 в количестве от 3 % до 5 % позволяет достичь существенного снижения расхода лигносульфонатного реагента КССБ-Ф (до 0,5 %) при одновременном снижении показателя фильтрации бурового раствора более, чем на 50 %.

Из таблицы 4 установлено, что дополнительный ввод реагентов ПГ-1, ГЛТ-1 не оказал влияния на снижение расхода лигносульфонатного реагента и показатель фильтрации глинистого раствора.

Таблица 4. Параметры глинистого раствора с добавлением реагентов ПГ-1, ГЛТ-1

Состав раствора	Параметры			Снижение ПФ, %
	ρ, кг/м³	УВ, с	Показатель фильтрации, см³/ 30 мин	
№ 1 ИГР: вода+5 % глинопорошка	1030	21	18	-
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+1 % ПГ-1	1030	16	11,5	36,1
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+3 % ПГ-1	1030	16	12	33,33
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+5 % ПГ-1	1030	16	12,5	30,6
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+5 % ГЛТ-1	1030	16	12,5	30,6

Таблица 5. Параметры глинистого раствора с совместным вводом реагентов

Состав раствора	Параметры			Снижение ПФ, %
	ρ, кг/м³	УВ, с	Показатель фильтрации, см³/ 30 мин	
№ 1 ИГР: вода+5 % глинопорошка	1030	21	18	-
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф+1 % ПГ-1+5 % АМ-1	1030	16	8	55,6
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф+3 % ПГ-1+5 % АМ-1	1030	16	8,5	52,8
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф+5 % ПГ-1+5 % АМ-1	1030	16	6,5	63,9
№ 1 + 0,3 % КССБ-Ф+5 % ПГ-1+5 % АМ-1	1030	16	9	50
№ 1 + 0,5 % КССБ-Ф+5 % ГЛТ-1+5 % АМ-1	1030	16	6,5	63,9
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+5 % ГЛТ-1+5 % АМ-1	1030	16	6	66,7
№ 1 + 1 % КССБ-Ф+5 % ПГ-1+5 % АМ-1	1030	16	5,5	69,44

Из таблицы 5 следует, что совместный ввод реагентов АМ-1 и ПГ-1, АМ-1 и ГЛТ-1 позволяет достичь снижения расхода лигносульфонатного реагента КССБ-Ф (до 0,5 %) при одновременном снижении показателя фильтрации свыше 50 %.

Вывод

Проведен подбор модификаторов для лигносульфонатных реагентов нейтрально-сульфитного способа варки с целью повышения качественных показателей буровых рас-

творов. Изучение и анализ выполненных исследований позволяют сделать вывод о том, что модификация раствора реагентом АМ-1 является инновационным, перспективным и экономически целесообразным ввиду того, что его применение позволяет достичь значительного снижения расхода лигносульфонатного реагента (до 0,3-0,5 %) и снижения водоотдачи более чем на 50 %, что соответствует всем требованиям ТУ 2458-343-05133190-2012 при добавке реагента в количестве 3 % масс.

Список литературы

1. Тептерева Г.А., Акчурин Х.И., Исмаков Р.А., Конесев В.Г. Улучшение качества сырья при получении лигносульфонатных реагентов для нефтегазовой отрасли // Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса: матер. междунаро. науч.-практ. конф. СПб.: МашиноСтроение, 2018. С. 54-57.
2. Тептерева Г.А., Конесев Г.В., Исмаков Р.А., Кантор Е.А., Дихтырь Т.Д. Получение буровых реагентов модификацией нейтрально-сульфитных щелоков фосфоновыми соединениями // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 9. С. 94-101.
3. Пат. 2709043 РФ, МПК С 09 К 8/035. Способ получения лигносульфонатного реагента для обработки бурового раствора / Г.А. Тептерева, Х.И. Акчурин, Г.В. Конесев, А.Н. Небит, М. Жестовских. 2018127920, Заявлено 30.07.2018; Оpubл. 13.12.2019. Бюл. 35.
4. Пат. 1216192 А.С. СССР, МПК С 09 К 7/02. Буровой раствор / Е.Л. Лиманов, Е.М. Шайхутдинов, Ж.Г. Шайхымежденов, А.А. Андрусенко, А.А. Сагиндыков, Л.П. Вахрушев, Ж. Караулов, Х. Кенжебаева. 3683522/23-03, Заявлено 04.11.1983; Оpubл. 07.03.1986. Бюл. 9.
5. Пат. 2555023 РФ, МПК С 09 К 8/04. Реагент для обработки буровых растворов / А.Д. Бадикова, И.Н. Куляшова, Ф.Х. Кудашева, Р.Н. Гимаев. 2014103095/05, Заявлено 29.01.2014; Оpubл. 10.07.2015. Бюл. 19.
6. Пат. 1465441 А.С. СССР, МПК С 09 К 7/02. Реагент для обработки глинистого бурового раствора / А.Г. Розенгафт, З.Ю. Гинковская, М.Я. Червиц. 4224523/23-03, Заявлено 09.02.1987; Оpubл. 15.03.1989. Бюл. 10.
7. Пат. 2382808 РФ, МПК С 09 К 8/20. Способ приготовления бурового раствора с использованием понизителя фильтрации полукolloидного типа / М.М. Гайдаров, Е.А. Порог. 2008135523/03, Заявлено 01.09.2008; Оpubл. 27.02.2010. Бюл. 6.

References

1. Teptereva G.A., Akchurin Kh.I., Ismakov R.A., Konesev V.G. Uluchshenie kachestva syr'ya pri poluchenii lignosul'fonatnykh reagentov dlya neftegazovoi otrasli [Improving the Quality of Raw Materials for the Production of Lignosulfonate Reagents for the Oil and Gas Industry]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Modernizatsiya i innovatsionnoe razvitie toplivno-energeticheskogo kompleksa»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Modernization and Innovative Development of the Fuel and Energy Complex»]. St. Petersburg, MashinoStroenie Publ., 2018, pp. 54-57. [in Russian].
2. Teptereva G.A., Konesev G.V., Ismakov R.A., Kantor E.A., Dikhtyar T.D. Poluchenie burovyykh reagentov modifikatsiei neutral'no-sul'fitnykh shchelokov fosfonovymi soedineniyami [Production of Drilling Reagents by Modification of Neutral Sulfite Liquors with Phosphonic Compounds]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov - Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2017, Vol. 328, No. 9, pp. 94-101. [in Russian].
3. Teptereva G.A., Akchurin Kh.I., Konesev G.V., Nebit A.N., Zhestovskikh M. *Sposob polucheniya lignosul'fonatnogo reagenta dlya obrabotki burovogo rastvora* [Method for Producing Lignosulfonate Reagent for Drilling Mud Treatment]. Patent RF, No. 2709043, 2019. [in Russian].
4. Limanov E.L., Shaikhutdinov E.M., Shaikhymezhdenov Zh.G., Andrusenko A.A., Sagindykov A.A., Vakhrushev L.P., Karaulov Zh., Kenzhebaeva Kh. *Burovoi rastvor* [Drilling Mud]. Patent USSR, No. 1216192, 1986. [in Russian].
5. Badikova A.D., Kulyashova I.N., Kudasheva F.Kh., Gimaev R.N. *Reagent dlya obrabotki burovyykh rastvorov* [Drilling Fluid Treatment Agent]. Patent RF, No. 2555023, 2015. [in Russian].
6. Rozengaft A.G., Ginkovskaya Z.Yu., Chervits M.Ya. *Reagent dlya obrabotki glinistogo burovogo rastvora* [Reagent for Treating Clay Drilling

Mud]. Patent USSR, No. 1465441, 1989. [in Russian].

7. Gaidarov M.M., Rogov E.A. *Sposob prigotovleniya burovogo rastvora s ispol'zovaniem ponizitelya fil'tratsii polukolloidnogo tipa* [Method for Preparing Drilling Mud Using a Semi-Colloidal Type Filtration Reducer]. Patent RF, No. 2382808, 2010. [in Russian].

Авторы

• Бахтигареев Ильшат Амиргалиевич
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Бурение нефтяных
и газовых скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: ibakhtigareev@inbox.ru

• Гирфанов Вадим Тагирович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Бурение нефтяных
и газовых скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: vadim.girfanov.2015@gmail.com

• Тептерева Галина Алексеевна, д-р хим. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Профессор кафедры общей, аналитической
и прикладной химии
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: teptereva-tga@yandex.ru

• Конесев Геннадий Васильевич, д-р техн. наук,
профессор
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Профессор кафедры «Бурение нефтяных
и газовых скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: konesev.burenje@mail.ru

The Authors

• Bakhtigareev Ilshat A.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Oil and Gas Well Drilling
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: ibakhtigareev@inbox.ru

• Girfanov Vadim T.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Oil and Gas Well Drilling
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: vadim.girfanov.2015@gmail.com

• Teptereva Galina A., Doctor of Chemical Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of General, Analytical and Applied
Chemistry Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: teptereva-tga@yandex.ru

• Konesev Gennady V., Doctor of Engineering
Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Oil and Gas Well Drilling Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: konesev.burenje@mail.ru