



ИЗУЧЕНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ РЕАГЕНТА ФЕРРОХРОМЛИГНО-СУЛЬФОНАТ (ФХЛС) И СИЛИКАТА НАТРИЯ НА ПАРАМЕТРЫ СТАБИЛИЗАЦИИ БУРОВОГО ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Г.В.Конесев, М.И.Жестовских, Г.А.Тептерева, Р.А.Исмаков

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Study of the Combined Effect of the Reagent FHLC and Sodium Silicate on the Parameters of Drilling Mud Stabilization

G.V.Konesev, M.I.Zhestovskih, G.A.Teptereva, R.A.Ismakov

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Abstract

In article questions of compatibility of properties on regulation of parameters of boring flushing liquids of the composite additive consisting of complex reagent of the ferro-chromelignosulfonate and silicate of sodium are considered. Planning of an experiment by a standard technique is carried out, the regression equation is received. Influence of three factors is investigated: the FHLS chemical reagents, silicate of sodium and heat treatment on optimization parameters application of a full-factorial experiment by Boxing Wilson of the plan of type 2k (k=3, number of factors) has determined the prospects of application of composition when drilling the clay intervals inclined to loss of stability of the well trunk walls.

Keywords:

Ferrochromlignosulfonate;
Sodium silicate;
Regression equation;
Clay solution;
Optimization parameters.

© 2018 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

При бурении скважин на нефтяных и газовых месторождениях из-за сложных геологических условий часто происходят обвалы, осыпи, а также другие осложнения, которые приводят к авариям. Все это увеличивает срок строительства скважины, что негативно сказывается на загрязнении продуктивных пластов, а также приводит к увеличению экономических затрат.

Многолетний опыт ведения работ в отрасли бурения скважин показывает, что ключевым средством предотвращения аварий и осложнений является правильный выбор состава и свойств бурового раствора.

В настоящее время, востребованными и широко применяемыми химическими соединениями, входящими в состав буровых промывочных жидкостей и улучшающих их эффективность, являются лигносульфонатные реагенты [1]. Назначением этих добавок к буровому раствору является регулирование параметров стабилизации (показателя фильтрации и условной вязкости). Высокая востребованность в лигносульфонатных реагентах обусловлена их выраженными комплексобразу-

ющими свойствами, стабильностью в условиях повышенных забойных температур и минерализации, поверхностной активностью и высокими адсорбционными характеристиками на границе раздела фаз [2].

Также довольно часто для приготовления и обработки комбинированных силикатных буровых растворов применяется силикат натрия, обладающий высокой термостойкостью и совместимостью с минерализованной средой. Используется для предотвращения осыпей и обвалов стенок скважин за счет своей ингибирующей способности. Однако, вопросы совместимости лигносульфонатов и силикатов изучены недостаточно.

В данной работе проведено исследование и дана оценка применению буровых лигносульфонатных реагентов феррохромлигносульфонат (ФХЛС-М) и силиката натрия в качестве добавок в глинистый раствор, определены перспективы применения ФХЛС-М и силиката натрия при бурении в будущем.

Целью исследования является изучение влияния ФХЛС-М и силиката натрия на параметры стабилизации бурового глинистого раствора.

*E-mail: teptereva.tga@yandex.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20180200344>

Экспериментальная часть

Принятие проектных решений в любой отрасли промышленности и оценка их качества в основном осуществляется на основании данных эксперимента, как целенаправленного воздействия на объект исследования с целью получения о нем достоверной информации.

Планирование эксперимента – это средство построения математических моделей различных процессов с целью повышения эффективности экспериментального исследования: сокращения времени и средств на проведение эксперимента, повышения достоверности результатов исследования [3].

Целью планирования эксперимента в данной работе является уточнение концентраций ФХЛС-М, силиката натрия и температуры, оценка их влияния на свойства глинистого бурового раствора.

Нами исследовано влияние трех факторов:

- 1) химический реагент феррохромлигносульфонат (ФХЛС-М),
- 2) силикат натрия,
- 3) и воздействие термообработки на параметры оптимизации (показатель фильтрации и условная вязкость бурового глинистого раствора), с применением полнофакторного эксперимента по Боксу-Уилсону плана типа 2^k ($k = 3$, число факторов)

Значения выбранных уровней варьируемых факторов приведены в таблице 1.

Методика исследований

На основе матрицы планирования эксперимента выполняются экспериментальные лабораторные работы. Для этого готовится требуемый для всех опытов объем исходного раствора заданной плотности, условная вязкость которого должна быть близкой к рабочим значениям. Минимальный объем пробы – 300 мл. Количество повторных опытов – не менее трех [4]. Влияние температуры в диапазоне от 20 до 190 °С на изменение технологических параметров глинистого раствора определялось при выдержке пробы в течение 5 часов в ячейке старения «БОМБА А-Б-05».

Результаты выполненных опытов приведены в таблицах 2 и 3.

Результаты изучения влияния ФХЛС-М, силиката натрия и температуры на свойства буровых промывочных жидкостей

Обработку результатов экспериментов проводили по следующим критериям:

- проверяется однородность дисперсий полученных параллельных опытов;
- рассчитываются коэффициенты уравнения регрессии, их ошибки и значимость;
- проверяется адекватность выбранной модели;
- проводится анализ уравнения регрессии, уточняются концентрации реагентов при различных температурах раствора.

Результаты экспериментов обработаны с помощью программы STATISTICA 10.

Получены следующие уравнения регрессии:

- для условной вязкости:

$$y = 14.363 - 1.756 \cdot x_1 + 14.384 \cdot x_2 - 0.016 \cdot x_3 - 2.181 \cdot x_1 x_2 + 0.085 \cdot x_1 x_3 + 0.035 \cdot x_2 x_3 - 0.013 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (2.1)$$

- для показателя фильтрации:

$$y = 12.295 - 0.955 \cdot x_1 - 0.075 \cdot x_2 + 0.029 \cdot x_3 + 0.308 \cdot x_1 x_2 + 0.003 \cdot x_1 x_3 + 0.004 \cdot x_2 x_3 - 0.005 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (2.2)$$

где x_i - натуральное текущее значение фактора.

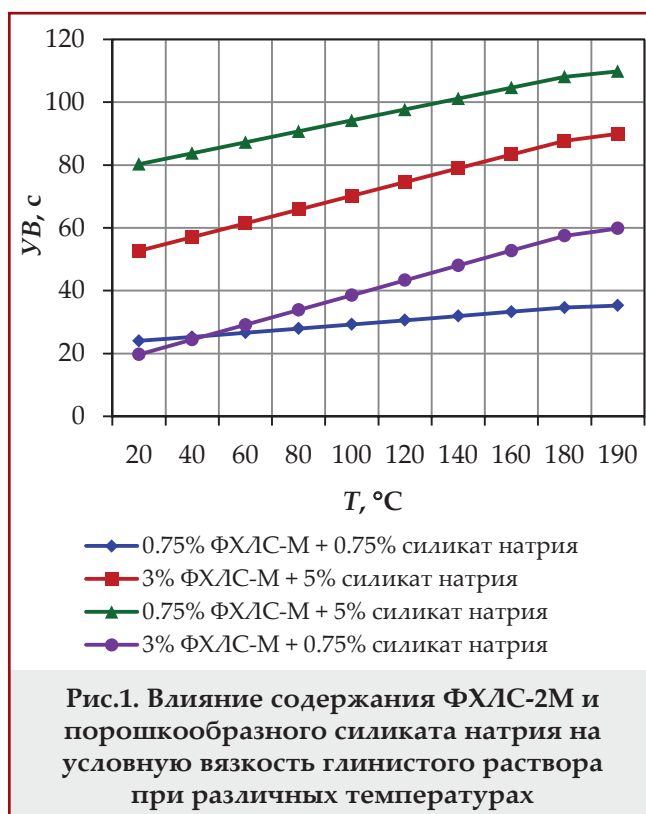


Таблица 1

Значение варьируемых факторов				Т, °С
Уровень варьируемых факторов	Обозначение кодовое	ФХЛС-М, % X_1	Силикат натрия, % X_2	
Основной уровень	0	1.875	2.875	105
Среднее значение интервала варьирования	Δx_i	1.125	2.125	105
Верхний уровень	+1	3	5	190
Нижний уровень	-1	0.75	0.75	20

Таблица 2

Значения условной вязкости (УВ) глинистого раствора при различных сочетаниях уровней факторов

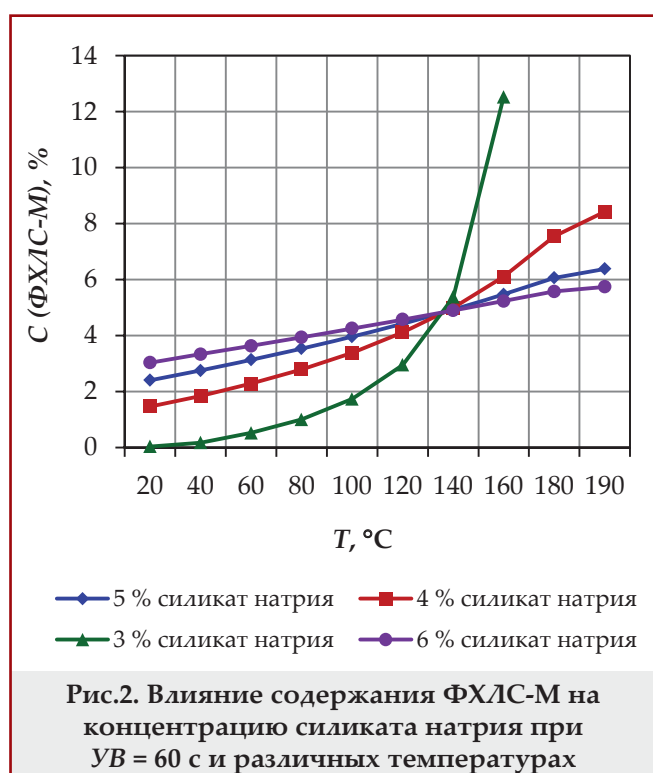
Состав раствора	ρ , г/см ³	УВ ₁ , с	УВ ₂ , с	УВ ₃ , с	УВ _{ср} , с
ИГР: Вода + 12% Бентонит ПМБВ	1.09	32	31	32	31.67
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 0.75%СН (20 °С)	1.09	24	24	24	24
ИГР + 3%ФХЛС-М + 5%СН (20 °С)	1.09	51	53	54	52.67
ИГР + 3%ФХЛС-М + 5%СН (190 °С)	1.1	90	92	89	90.33
ИГР + 3%ФХЛС-М + 0.75%СН (190 °С)	1.1	60	59	61	60.00
ИГР + 3%ФХЛС-М + 0.75%СН (20 °С)	1.09	20	20	19	19.67
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 0.75%СН (190 °С)	1.09	36	35	35	35.33
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 5%СН (20 °С)	1.09	80	81	80	80.33
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 5%СН (190 °С)	1.1	110	111	109	110.0

Таблица 3

Значения показателя фильтрации (ПФ) глинистого раствора при различных сочетаниях уровней факторов

Состав раствора	ρ , г/см ³	ПФ ₁ , см ³ /30 мин	ПФ ₂ , см ³ /30 мин	ПФ ₃ , см ³ /30 мин	ПФ _{ср} , см ³ /30 мин
ИГР: Вода + 12% Бентонит ПМБВ	1.09	20	21	20	20.33
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 0.75%СН (20 °С)	1.09	13	12	12.0	12.33
ИГР + 3%ФХЛС-М + 5% СН (20 °С)	1.09	13	14	13.0	13.33
ИГР + 3%ФХЛС-М + 5% СН (190 °С)	1.1	10	11	10.0	10.33
ИГР + 3%ФХЛС-М + 0.75% СН (190 °С)	1.1	15	17	15.0	15.67
ИГР + 3%ФХЛС-М + 0.75% СН (20 °С)	1.09	10	11	11.0	10.67
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 0.75% СН (190 °С)	1.09	17	18	18.0	17.67
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 5% СН (20 °С)	1.09	13	13	15.0	13.67
ИГР + 0.75%ФХЛС-М + 5% СН (190 °С)	1.1	18	20	18.0	18.67

Примечание: ИГР - исходный глинистый раствор; СН - силикат натрия.



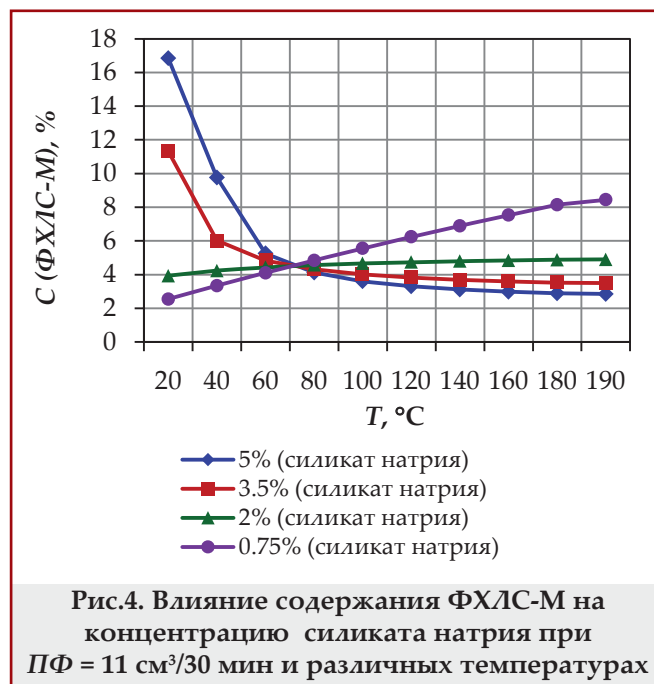
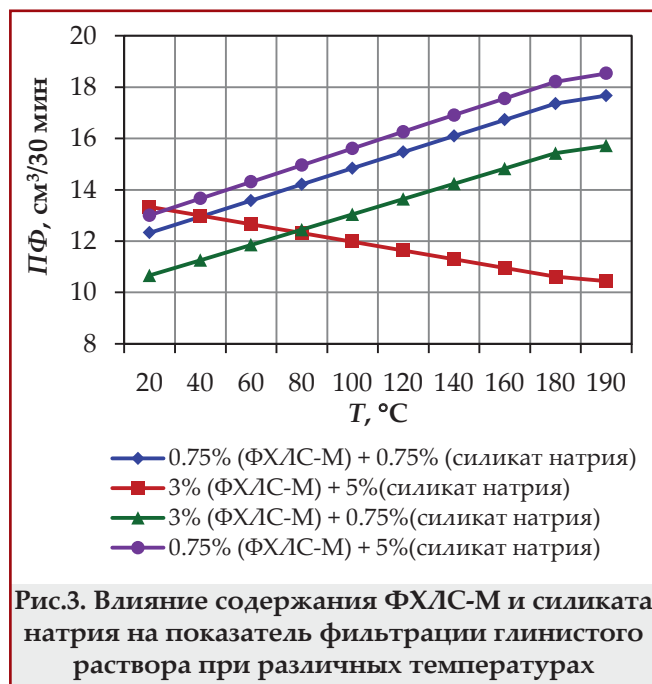
Проверка с помощью программы STATISTICA 10 показала, что гипотеза об однородности дисперсий принимается (по критерию Кохрена), все коэффициенты статистически значимы (по критерию Стьюдента), уравнение регрессии адекватно выбранной модели (по критерию Фишера).

По уравнению регрессии (2.1) получены значения условной вязкости, на основе которых построен график (рис.1), при различных температурах.

Из рисунка 1 видно, что наиболее перспективным представляется применение 0.75% ФХЛС-М и 0.75% силиката натрия, т.к. при этом, несмотря на широкий интервал изменения температуры (20-190 °С), сохраняются рабочие значения условной вязкости.

Для наглядности оценки влияния содержания в глинистом растворе ФХЛС-М и силиката натрия на условную вязкость построен график (рис.2) при следующих условиях: выходной параметр УВ=60 с, концентрации ФХЛС-М 1-3%, силиката натрия 3-6%, объемная температура 20-190 °С.

Из рисунка 2 видно, что с повышением температуры необходимо увеличение концентрации ФХЛС-М. Концентрации ФХЛС-М находятся в



приемлемых значениях только при содержании в растворе силиката натрия выше 4%. При меньших концентрациях силиката натрия с увеличением температуры, отмечается значительный рост содержания ФХЛС-М. Это указывает на то, что при концентрациях ниже 4% раствор неустойчив к высоким температурам в интервале 160-190 °С.

По уравнению регрессии (2.2) получены значения показателя фильтрации, на основе которых построен график (рис.3), при различных температурах.

Из рисунка 3 видно, что наиболее перспективным представляется применение 3% ФХЛС-М и 5% силиката натрия, т.к. при этом, несмотря на широкий интервал изменения температуры (20-190 °С), значения показателя фильтрации идут на спад и при температуре 190 °С наблюдаются

самые наименьшие значения ПФ.

Для наглядности оценки влияния содержания в глинистом растворе ФХЛС-М и силиката натрия на ПФ построен график (рис.4) при следующих условиях: выходной параметр $PF = 11 \text{ см}^3/30 \text{ мин}$, концентрация силиката натрия 0.75 – 5%, объемная температура 20–190 °С

Из рисунка 4 видно, что с увеличением температуры при концентрациях силиката натрия менее 2% происходит возрастание значения показателя фильтрации. Это свидетельствует о том, что при концентрациях ниже 2% раствор неустойчив к высоким температурам в интервале 75-190 °С. В интервале объемных температур 20-75 °С использование силикатного реагента более 2 % в качестве добавки в глинистый буровой раствор нецелесообразно.

Выводы

1. Выполненный регрессионный анализ рецептов стабилизированного ФХЛС-М силикатного глинистого раствора показал, что для поддержания условной вязкости раствора в рабочем диапазоне при температурах до 190 °С содержания силиката натрия должно быть не менее 4%, а ФХЛС-М 4 - 5%.

2. Показано, что в исследованном интервале температур (20-190 °С) хорошим разжижающим эффектом в силикатном глинистом растворе обладает композиция 0.75% ФХЛС-М + 0.75% силиката натрия.

3. Определено, что для снижения показателя фильтрации раствора при температурах до 75 °С перспективным представляется применение силиката натрия с содержанием в растворе менее 2%, а ФХЛС-М 2-5%, в интервале температур (80-190 °С) - 2-5% силиката натрия, а ФХЛС-М 2-5%.

Литература

1. Г.А.Тептерева, Г.В.Конесев, Р.А.Исмаков. Физико-химические основы получения и применения лигносульфонатов в буровой технологии. Берлин: LAP LAMBERT, 2017.
2. Г.А.Тептерева, С.Ю.Шавишуква, В.Г.Конесев, Р.А.Исмаков. Функциональный анализ применяемых в буровой технологии лигносульфонатов. Уфа: Нефтегазовое дело, 2017.
3. И.А. Реброва. Планирование эксперимента: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2010.
4. М.Е.Логина, А.Р.Яхин, Ф.Н. Янгиров. Разработка математической модели по экспериментальным данным. Уфа: УГНТУ, 2017.
5. Э.А.Кязимов, А.Б.Сулейманов. Исследование ингибирующих свойств буровых растворов с наночастицами меди //SOCAR Proceedings. –2016. –№2. –С.11-15.

References

1. G.A.Teptereva, G.V. Konesev, R.A. Ismakov. Principles of obtaining and using lignosulfonates in drilling. Berlin, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.
2. G.A.Teptereva, S.Ū.Šavšukova, V.G.Konesev, R.A.Ismakov. Funkcional'nyj analiz primenâemyh v burovoj tehnologii lignosul'fonatov. Ufa: Neftegazovoe delo, 2017.
3. I.A.Rebrova. Experiment planning: studies. Omsk: SibADI, 2010
4. M.E.Loginova, A.R.Yakhin, F.N.Yangirov. Development of a mathematical model based on experimental data. Ufa: UGNTU Publ., 2017.
5. E.A.Kazimov, A.B.Suleymanov. Study of shale control properties of copper nanoparticles in drilling fluids // SOCAR Proceedings. –2016. –No.2. –P.11-15.

Изучение совместного влияния реагента феррохромлигносульфонат (ФХЛС) и силиката натрия на параметры стабилизации бурового глинистого раствора

Г.В. Конесев, М.И. Жестовских, Г.А. Тептерева, Р.А. Исмаков
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Реферат

В статье рассмотрены вопросы совместимости свойств по регулированию параметров буровых промывочных жидкостей композиционной добавки, состоящей из комплексного реагента феррохромлигносульфоната и силиката натрия. Проведено планирование эксперимента по стандартной методике, получено уравнение регрессии. Исследовано влияние трех факторов: химических реагентов ФХЛС, силиката натрия и термообработки на параметры оптимизации применением полнофакторного эксперимента по Боксу-Уилсону плана типа 2^k ($k=3$, число факторов). Определены перспективы применения композиции при бурении глинистых интервалов, склонных к потере устойчивости стенок ствола скважины.

Ключевые слова: феррохромлигносульфонат, силикат натрия, уравнение регрессии, глинистый раствор, параметры оптимизации.

Gilli qazma məhlulunun stabilləşmə parametrlərinə ferroxromliqnosulfonat (FXLS) reagentinin və natrium silikatın birgə təsirinin öyrənilməsi

Q.V.Konesev, M.İ.Jestovskix, Q.A.Teptereva, R.A.İsmakov
Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

Xülasə

Məqalədə ferroxromliqnosulfonat kompleks reagentindən və natrium silikatdan ibarət olan kompozisiya əlavəsinin qazma məhlulları göstəricilərinin tənzimlənməsi xüsusiyyətlərinin uyğunluq məsələlərinə baxılmışdır. Standart metodika üzrə sınağın planlaşdırılması aparılmış, reqressiya tənliyi alınmışdır. Üç amilin: FXLS kimyəvi reagentinin, natrium silikatın və termoemalın Boks-Uilsona görə tamamilə sınağının tətbiqi ilə optimallaşdırma parametrlərinə təsiri tədqiq edilmişdir. Quyu lüləsi divarı dayanıqlığının itməsinə meyilli gil süxurlarının qazılması vaxtı kompozisiyanın tətbiq perspektivləri müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: ferroxromliqnosulfonat, natrium silikat, reqressiya tənliyi, qazma məhlulu, optimallaşdırma parametrləri.