

УДК 622.243.063

Буровые растворы с низким содержанием твёрдой фазы для бурения комплексами ССК на основе бентонитов Таганского месторождения

А.Л. Неверов*, **А.В. Гусев,**
А.В. Минеев, В.П. Рожков

*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79*

Received 11.02.2013, received in revised form 18.02.2013, accepted 25.02.2013

Статья посвящена решению актуальной задачи по повышению эффективности сооружения скважин в сложных геологических условиях комплексами ССК с использованием буровых растворов с низким содержанием твёрдой фазы на основе бентонитов Таганского месторождения. Показан эффект синергизма при обработке глинистых суспензий биополимерным реагентом ксантанового типа (FLOXAN-200), что позволило получить кинетически устойчивые коллоидные суспензии с содержанием монтмориллонитовой глины 2 мас. %. Проведены лабораторные исследования буровых растворов, содержащих в своем составе 2-6 мас. % таганского бентонита, стабилизированных биополимером.

Ключевые слова: монтмориллонит, бентонит, ксантан, реологические свойства, эффективная вязкость.

Введение

Сооружение скважин в сложных геологических условиях невозможно без применения современных буровых технологических жидкостей. При использовании бурильных труб ССК-NQ фирмы Voart Longuear кольцевой зазор при сооружении скважин составляет 0,0029-0,00319 м (с учетом увеличения диаметра скважины на 10 %). Исследовательские работы и практический опыт авторов [1, 2] показывают, что наиболее полно требованиям, предъявляемым к буровым технологическим жидкостям при использовании ССК, удовлетворяют полимерные и полимер-бентонитовые промывочные жидкости с низким содержанием твёрдой фазы. Термин «растворы с низким содержанием твёрдой фазы» характеризует системы, содержащие не более 6 % высококоллоидальных твёрдых частиц, количество которых не должно изменяться в процессе разрушения горных пород на забое скважины. Для приготовления таких растворов применяется бентонит, основным компонентом является монтмориллонит – слоистый минерал с расширяющейся решеткой.

Монтмориллониты относительно легко диспергируются в воде вплоть до частиц чрезвычайно мелкого размера. Это особенно характерно для монтмориллонита, содержащего натрий

в качестве обменного катиона. В этом случае частицы могут приближаться к размеру элементарной ячейки. Миленц и Кинг [3] показали, что введение небольших количеств глины в песок или алевроит очень повышает их сопротивление сжатию и что максимальная прочность таких смесей может превышать прочность песка, алевроита и глины, взятых в отдельности. Добавка небольшого количества (5-10 %) глины к смеси неглинистых минералов увеличивает их прочность, располагаясь в следующем порядке: монтмориллонит, иллит, каолинит [3].

Натриевые монтмориллониты снижают водопроницаемость песка, при насыщении песка частицами минерала примерно на 30 % он становится практически непроницаемым.

Использование комплексов ССК при бурении несвязных дисперсных грунтов с безглинистыми полимерными растворами осложняется тем, что стенки скважины оплывают при наращивании и извлечении керноприемной трубы. Практический опыт сооружения скважин в аналогичных условиях на одном из железорудных месторождений Хабаровского края показал, что применение импортных буровых станков, позволяющих производить наращивание бурильной колонны без отрыва от забоя, не решает проблемы устойчивости за счет применения полимерных безглинистых растворов.

Особенно остро эта проблема возникает при бурении наклонных скважин комплексами ССК. В качестве примера можно привести сооружение наклонных скважин комплексами ССК-НҚ на одном из золоторудных месторождений Томской области (глубина скважин до 150 м). Применение безглинистых полимерных растворов с содержанием полимеров акрилового ряда с высокой молекулярной массой (18-20 млн да) 0,2-0,5 мас. % не позволило успешно осуществлять бурение скважин без геологических осложнений, что в конечном итоге привело к невыполнению подрядных работ в указанные сроки. На наш взгляд, необходимо на первое место ставить выполнение геологической задачи, а далее оптимизировать технологию для повышения механической скорости бурения. Вышеизложенное позволяет сформулировать цель данной работы: исследование монтмориллонитовых глин Таганского месторождения для приготовления промывочных жидкостей с низким содержанием твердой фазы при бурении комплексами ССК в сложных геологических условиях (в т.ч. в несвязных дисперсных грунтах).

Бентонитовые глины Таганского месторождения

Бентониты, использующиеся для приготовления растворов с низким содержанием твердой фазы, должны обеспечивать высокий выход раствора заданной вязкости из единицы массы глины. По данным Е.М. Сапаргалиева [4], выделенные в отдельный технологический тип щелочные и щелочно-земельные бентонитовые глины Таганского месторождения позволяют получать порошки в природном виде с выходом бурового раствора более 18 (14-й горизонт щелочных бентонитов) и 16-18 м³/т (в смеси 13+14-й горизонты). В табл. 1 представлен дисперсный состав бентонитовых глин Таганского месторождения.

Анализ данных табл. 1-3 показывает, что монтмориллониты Таганского месторождения образуют незаконченный переходный ряд от чисто щелочно-земельных разновидностей до монтмориллонитов, в которых обменный катион натрия преобладает в отдельности над катионами кальция и магния, а по сумме уступает. Преобладание натриевого обменного комплекса в отдельности над кальциевым и магниевым компонентами повышает активность бентонитов и увеличивает выход из них бурового раствора в щелочных бентонитах Таганского месторож-

Таблица 1. Дисперсный состав бентонитовых глин Таганского месторождения

Номер горизонта	Дисперсность: <u>в природном виде</u> после пептизации фракции, мм в %		
	+0,006	0,006-0,0015	-0,0015
12	<u>1.80</u> 0,98	<u>58.62</u> 14,95	<u>39.68</u> 84,07
13	<u>4.23</u> 4,11	<u>57.28</u> 23,89	<u>38.49</u> 72,00
14	<u>3.41</u> 3,17	<u>53.43</u> 17,31	<u>43.16</u> 79,52

Таблица 2. Средний химический состав бентонитовых глин по горизонтам Таганского месторождения

Номер горизонта	Химический состав, содержание в весовых процентах										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	ппп ¹	SO ₃ общ.
12	52,45	0,20	21,11	2,60	2,06	2,82	0,13	0,58	11,3	12,3	0,32
13	56,06	0,63	16,11	8,00	1,96	2,63	0,06	0,45	7,15	10,97	0,17
14	55,48	0,30	19,38	4,40	1,98	2,18	0,14	0,51	8,49	11,31	0,18

¹ Потери при прокаливании.

Таблица 3. Обменная емкость монтмориллонитов по площади Таганского месторождения

Природные разновидности	Содержание обменных катионов в глинах, мгэкв/100 г сухого вещества				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Сумма
Щелочные	35,4-43,0	4,0-5,2	26,2-28,3	20,1-24,3	85,7-101,8
Переходные	14,5-18,8	2,1-2,5	36,3-45,3	27,1-30,3	80,0-96,9
Щелочно-земельные	4,0-14,5	2,1-2,5	45,0-55,3	30,0-35,3	81,1-107,6

дения. Кроме того, сумма катионов кальция превышает сумму катионов магния, что также положительно влияет на их свойства. Исследование морфологии частиц естественных таганских монтмориллонитов методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения показало, что натриевая форма монтмориллонита имеет редко встречающуюся удлиненную брусковидную желобкообразную форму. Размер желобков составляет 50–150 нм в поперечнике, длина 700–1000 нм [5]. Такая форма глинистых частиц объясняется строением октаэдрического слоя монтмориллонитов и содержанием в них катионов Fe³⁺ и Mg²⁺, которые слишком велики (0,65-0,67) Å, чтобы строго соответствовать решетке монтмориллонита. В результате монтмориллонитовые минералы предстают со значительными замещениями этими ионами направленным напряжением, проявляющимся в удлиненной щепковидной или игольчатой форме частиц [6]. Д.Д. Котельников в своей работе [7] показал, что «удлиненно-чешуйчатый» монтмориллонит характеризуется более высоким, чем собственно монтмориллонит, отрицатель-

ным зарядом слоев. Это подчеркивается, в частности, способностью указанного образования интенсивно фиксировать К при обработке его КОН в отличие от продуктов аградации монтмориллонита (химический состав представлен в табл. 2, горизонты 13 и 14).

Использование природных монтмориллонитовых глин для приготовления растворов с низким содержанием твердой фазы в виде «комовых» глин для лабораторных исследований основывается на ионном обмене. В монтмориллоните и вермикулите около 80 % обменных катионов размещено на поверхностях базальной поверхности, а остальная часть – по краям. Скорость обменных реакций для монтмориллонита более медленная, чем у каолинита, в связи с тем что требуется определенное время для проникновения воды между слоями глинистых частиц (по данным Р. Грима, необходимо несколько часов). Хаузер и Рид показали, что емкость катионного обмена монтмориллонита не зависит от размера частиц. Однако в некоторых монтмориллонитах, вследствие местных замещений в решетке в зависимости от природы обмениваемого катиона, размеров частиц и т.д. доступность поверхности базальной плоскости будет увеличиваться с уменьшением размеров частиц. Например, Келли и Дженни уверяют, что растирание глинистых, а также неглинистых минералов вызывает увеличение емкости катионного обмена. Рентгенометрическое исследование измельченного материала показало, что дифференциальные кольца расширяются, становятся более диффузными и полностью исчезают после длительного растирания, т.е структура постепенно разрушается [6].

Экспериментальная часть

Подготовка глинистых минералов к исследованию

Известно [8], что в состав глин нередко входят различные количества неглинистых минералов кварца, кристобалита, тридимита, кальцита, доломита, гипса, пирита, фосфатов, полевых шпатов и др. Пробы исследуемых образцов (табл. 2) были предоставлены инженером ООО «Алтайская сырьевая компания» О.А. Масловой и отобраны непосредственно на Таганском месторождении. Подсушенные на воздухе куски глинистого материала освобождали от заметных невооруженным глазом примесей и включений. Дальнейшую очистку глинистого материала проводили отмучиванием. Готовили 2-6 %-е водные суспензии глины (вода дистиллированная), тщательно перемешивали с помощью механической мешалки до исчезновения комков, оставляли в состоянии покоя 24 ч и декантировали сифоном наиболее высокодисперсную фракцию. Мономинеральность полученных образцов проверяли с помощью рентгенографии. Как установила проверка, вышеперечисленных операций достаточно для получения чистых образцов монтмориллонита. В работе [9] раскрыто, что истинная причина различных значений рН суспензий глинистых минералов заключается не в количестве окислов, входящих в состав кристаллической решетки того или иного минерала, а в природе поглощенного иона и наличии в суспензии растворимых солей, т.е. тип обменных катионов существенно влияет на величину рН. Поэтому бентониты, обладающие большой емкостью обмена и содержащие щелочно-земельные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+}) и реже щелочные (K^+ , Na^+), будут иметь щелочную реакцию водных растворов. Глины, характеризующиеся небольшой емкостью обмена, имеют рН = 7,0. М.С. Мерабишвили в своей работе [10] показал, что добавление кальцинированной соды в количестве 1–3 % от массы глины заметно ускоряет процесс ионообмена в водной среде, что способствует переводу глин в натриевую форму. Для изучения условий улучшения ка-

чества представленных образцов глин использовали методы химического модифицирования, включающие обработку исходного сырья кальцинированной содой и полимерами. Для оценки использовали реологические методы, которые в совокупности с определением показателя фильтрации достаточно полно характеризуют физико-химическое состояние раствора [1].

*Реологические свойства растворов
с низким содержанием твердой фазы*

Вязкость, или в более общем смысле – кривая течения, представляет собой фундаментальную характеристику механических свойств жидкости [11]. Поэтому этот параметр широко используется в различных приложениях. Результаты измерений соотношения между напряжениями и скоростью деформации – основа для объективной оценки структурно-механических свойств глинистых суспензий, приготовленных из монтмориллонитовых глин Таганского месторождения. При этом экспериментальные точки аппроксимируются теми или иными приближенными уравнениями и выбор наиболее удобного из них во многом определяется удобством применения при прикладных расчетах. Существует множество материалов, которые не текут при низких напряжениях сдвига или, по крайней мере, их вязкость в этой области столь высока, что ею можно пренебречь при технологических приложениях. Однако в широкой области более высоких напряжений сдвига эти материалы могут течь и транспортироваться как любые другие жидкости. Для характеристики свойств таких материалов необходимо ввести понятие о пределе текучести τ_γ как одном из фундаментальных параметров. В литературе [12] предлагается большое количество различных реологических уравнений для таких материалов. К числу наиболее простых относятся следующие:

1. Уравнение Бингама

$$\tau = \tau_\gamma + \eta_p \dot{\gamma}. \quad (1)$$

2. Уравнение Кэссона

$$\tau^{\frac{1}{2}} = \tau_\gamma^{\frac{1}{2}} + (\eta_p \dot{\gamma})^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

3. Уравнение Хершеля–Балкли

$$\tau = \tau_\gamma + K \dot{\gamma}^n \quad (3)$$

Во всех этих уравнениях τ_γ – предел текучести; η_p – «пластическая вязкость»; K и n – экспериментально определяемые параметры. Пластическая вязкость η_p – величина, отличная от эффективной вязкости η жидкости. Согласно стандартному определению $\eta = \tau/\dot{\gamma}$, так что эффективная вязкость бингамовской вязкопластичной среды выражается как

$$\eta = \eta_p + \tau_\gamma / \dot{\gamma}. \quad (4)$$

Последнее уравнение показывает, что эффективная вязкость бингамовской среды убывает с ростом скорости сдвига. В пределе при низкой скорости сдвига $\eta \rightarrow \infty$, а при высокой скорости сдвига эффективная вязкость приближается к η_p . Все эти уравнения справедливы только при $\tau > \tau_\gamma$. Все приведенные выше уравнения показывают, что сразу после перехода через предел текучести эффективная вязкость жидкости, определенная стандартным образом, очень вели-

ка. Это не отвечает действительности, поскольку сразу после разрушения структуры, при $\tau > \tau_y$, материал течет как обычная жидкость с не очень высокой вязкостью. Поэтому необходимо модифицировать уравнение Хершеля–Балкли следующим образом [11]. Принимаем условие, что вязкость неограниченно высока при $\tau < \tau_y$, а в области течения реологические свойства жидкости описываются степенным законом Оствальда–ДеВале $\tau = K \dot{\gamma}^n$, причем предполагается, что степенной закон выполняется только в области $\tau > \tau_y$. Тогда модель такой вязкопластичной среды приобретает следующий вид:

$$\eta = \begin{cases} \infty, & \text{при } \tau < \tau_y \\ K \dot{\gamma}^{n-1}, & \text{при } \tau > \tau_y \end{cases} \quad (5)$$

Исследование реологических свойств 2-6 %-х водных суспензий глин проводили в лаборатории буровых промывочных жидкостей кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Сибирского федерального университета на ротационном вискозиметре фирмы OFITE (модель 900), позволяющем рассчитывать реологические параметры уравнения (5) в автоматическом режиме с использованием программного обеспечения ORCADА. Исследования проводили по методике, изложенной в ISO 13503-1 (зарегистрировано Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии ФГУП «Стандартинформ» номер регистрации: 5364/ISO, дата регистрации 31.03.2011). Влажность исследуемых образцов измеряли на приборе METTLER TOLEDO (модель HG63, Швейцария), она была равной 16-16,3 % МС.

В табл. 4 и 5 представлены результаты реологических измерений растворов с низким содержанием твердой фазы 2-6 мас. % (глины в смеси 13+14-й горизонты).

Лабораторные испытания показали, что добавление небольшого количества кальцинированной соды (1 мас. % от массы глины) в водную суспензию позволяет получить кинетически и агрегативно устойчивые коллоидные системы с содержанием твердой фазы всего 2,5-3,5 %. Растворы с малым содержанием твердой фазы относятся к полимербентонитовым системам, для получения которых могут использоваться биополимерные реагенты. Наибольшую популярность приобрели продукты на основе ксантана, внеклеточного полисахарида бактерии *Xanthomonas Campestris*, выпускаемые под разными торговыми марками: Rhodopol-23P, Zibozan, Flowzan, Flo-Vis и др. В лабораторных исследованиях для стабилизации малоглинистых суспензий использовали биополимер (ксантан, торговая марка «FLOXAN-200»), предоставленный фирмой «Интэк-Сервис». Главное назначение ксантана в буровых растворах – повышать их вязкость и несущую способность. Карико [13] пришел к выводу, что несущая способность раствора полимера прямо связана с вязкостью раствора при низких скоростях сдвига. Результаты простого испытания на осаждение показывают, что по несущей способности ксантановая смола превосходит любой другой полимер из числа применяемых в буровых растворах. К аналогичному заключению пришли авторы данной работы при сравнительных испытаниях растворов на основе высокомолекулярных полиакриламидов и растворов на основе ксантановых смол в лабораторных, а далее в производственных испытаниях. Молекулы ксантана в водных растворах склонны к самоассоциации, и с повышением ионной силы раствора или концентрации полисахарида формируется гель. Он представляет собой трехмерную сетку, образованную из двойных спиралей ксантана, связанных межмолекулярными водородными связями [14]. При концентрации полисахарида 0,1 % вязкость системы возрастает на порядок. Нали-

Таблица 4. Реологические параметры растворов с низким содержанием твердой фазы при варьировании скорости сдвига от 50 до 1022 с⁻¹

Номер п/п	Глина, мас. %	Кальц. сода, мас. % от сод. глины в растворе	Биополимер, (Флохан-200) мас. %	Реологические параметры									
				Модель Бингама			Модель Оствальда-ДеВаале			Гель1, Па	Гель10, Па		
				RV, мПа.с	УР, Па	R ²	n	К, Па.с	R ²				
1	2	-	-	1,289	0,083	0,9767	0,77833	0,0034	0,9825	0	0		
		1	-	1,254	0,399	0,9852	0,4468	0,0664	0,9380	0	0		
		1	0,2	8,863	6,807	0,9436	0,3068	1,7523	0,9968	3	5		
2	2,5	-	-	1,235	0,182	0,9767	0,7254	0,009	0,9961	0	0		
		1	-	1,825	0,606	0,9883	0,4719	0,0848	0,9876	0,5	1		
		1	0,2	10,894	11,918	0,9667	0,2283	4,3716	0,9897	9	11		
3	3,0	-	-	1,575	0,199	0,99	0,7007	0,013	0,9914	0	0		
		1	-	2,595	0,848	0,9842	0,4835	0,1117	0,9927	1	2		
		1	0,2	11,177	14,847	0,957	0,1989	6,1593	0,9924	12	13		
4	3,5	-	-	2,144	0,199	0,9928	0,7508	0,0123	0,9949	0	0		
		1	-	4,626	2,276	0,9785	0,3898	0,4277	0,9928	1	4		
		1	0,2	11,866	20,084	0,955	0,1616	9,8038	0,9913	17	20		
5	4,0	-	-	2,606	0,210	0,985	0,6672	0,024	0,9484	0,5	0,5		
		1	-	5,154	3,259	0,9758	0,3338	0,769	0,9917	2	5		
		1	0,2	12,128	26,846	0,9497	0,1311	14,974	0,9914	22	27		
6	4,5	-	-	4,205	0,509	0,9951	0,691	0,0368	0,9907	0,5	0,5		
		1	-	5,687	4,848	0,9747	0,2706	1,4936	0,9866	3	7		
		1	0,2	14,745	38,507	0,9299	0,1156	22,931	0,9956	31	34		
7	5,0	-	-	6,474	1,361	0,9688	0,6314	0,095	0,9946	0,5107	1,532		
		1	-	5,81	7,345	0,9615	0,2049	2,9766	0,9871	5	11		
		1	0,2	17,615	46,893	0,9469	0,1118	28,468	0,9913	38	41		

Таблица 5. Реологические параметры растворов с низким содержанием твердой фазы при варьировании скорости сдвига от 50 до 511 с⁻¹

Номер п/п	Глина, мас. %	Кальц. сода, мас. % от сод. глины в растворе	Биополимер, (Флокан-200) мас. %	Реологические параметры									
				Модель Бингама			Модель Оствальда-ДеВаале			Гель ₁ , Па	Гель ₁₀ , Па		
				PV, мПа.с	УР, Па	R ²	n	К, Па.с	R ²				
1	2	1	-	1,528	0,534	0,9168	0,3872	0,1126	0,9780	0	0		
		1	0,2	11,006	5,22	0,9803	0,2851	1,713	0,9918	3	4,6		
2	2,5	1	-	2,171	0,550	0,9795	0,4241	0,1096	0,9818	1	1		
		1	0,2	13,312	7,643	0,9821	0,2478	0,2886	0,9923	5	7		
3	3,0	1	-	4,105	0,808	0,9554	0,5237	0,1062	0,9943	1	2		
		1	0,2	14,167	9,901	0,9807	0,2135	4,2653	0,9904	8	10		
4	3,5	1	-	4,186	4,404	0,9984	0,1442	2,5154	0,9275	4,6	6,1		
		-	0,2	16,55	11,685	0,9700	0,2151	4,975	0,9957	7,66	10,2		
5	4,0	1	0,2	15,462	15,969	0,9819	0,1553	8,6201	0,9885	14	17		
		1	-	4,546	3,462	0,9892	0,1949	1,6135	0,9733	4	6		
6	4,5	-	0,2	16,435	15,77	0,9631	0,1692	8,014	0,9963	11,75	13,79		
		1	0,2	18,257	21,818	0,9789	0,1379	12,597	0,9863	18	23		
7	5,0	1	-	6,938	4,847	0,9847	0,2114	2,1112	0,9842	3,6	8,7		
		-	0,2	16,797	23,515	0,9593	0,123	14,338	0,9957	19,9	21,96		
9	6	1	0,2	18,787	45,572	0,9737	0,0738	33,882	0,984	41,4	44,9		
		1	-	7,633	7,038	0,9704	0,1728	3,5385	0,9899	5,1	11,75		
9	6	-	0,2	17,782	26,755	0,9783	0,113	17,032	0,986	23	24,5		
		1	0,2	13,664	58,615	0,912	0,0452	48,715	0,9948	54,1	56,7		
9	6	-	-	8,078	9,453	0,9442	0,1453	5,262	0,9942	5,6	13,28		
		1	-	1,735	25,076	0,8295	0,0144	23,63	0,9664	25,5	30		
9	6	1	0,2	19,406	88,8	0,9934	0,0393	75,926	0,9438	40,86	77,11		

чие остатков жирных и уроновых кислот в составе биополимера обуславливает зависимость реологических свойств раствора от состава и концентрации солей и других ингредиентов. Именно с этим связана возможность путем подбора различных добавок создавать композиции с широким спектром свойств. При взаимодействии с другими коллоидами создает эффект синергизма, что подтверждается данными, представленными в табл. 4 и 5. Водный раствор, содержащий 0,2 мас. % FLOXAN-200, имеет показатель нелинейности 0,5-0,4. Добавление того же количества реагента к 2 % глинистой суспензии приводит к получению кинетически устойчивой суспензии, обладающей структурой, что подтверждается экспериментальным материалом. Увеличение твердой фазы с 2 до 6 % при постоянной концентрации ксантана в растворе 0,2 мас. % приводит к резкому увеличению вязкости и получению высокоструктурированных глинистых суспензий. В табл. 4 даны реологические параметры полимерглинистых растворов при варьировании скорости сдвига от 50 до 1022 с⁻¹, а в табл. 5 при более низких скоростях сдвига (50-511с⁻¹), что соответствует реальным сдвиговым характеристикам при сооружении геологоразведочных скважин комплексами ССК в сложных горно-геологических условиях. По данным табл. 4 и 5 видно, что n и K изменяются со скоростью сдвига, поэтому реологические параметры степенной модели должны определяться при скоростях сдвига, преобладающих в реальной скважине. Анализ таблиц показывает, что для бурения скважин с керноприемной трубой концентрация глины не должна превышать 3,5-4 мас. % а для насыщения несвязных дисперсных грунтов глиноматериалом необходимо увеличивать концентрацию до 5-6 мас. % и прокачивать полимерглинистую суспензию без керноприемной трубы. Размеры глинистых частиц в буровых растворах весьма неодинаковы в разных направлениях. Эти частицы могут образовывать структуру при очень низких концентрациях твердой фазы в результате сил притяжения и отталкивания [13]. При низких скоростях сдвига эти силы все еще влияют на поведение глинистых частиц, следовательно, вязкость относительно высока. Однако с повышением скорости сдвига частицы постепенно располагаются в направлении течения, после чего вязкость начинает сильно зависеть от концентрации твердой фазы, присутствующей в буровом растворе. Нелинейность графиков консистенции буровых растворов определяется с помощью ротационного вискозиметра с большим набором частот вращения. Поэтому, по мнению Грея и Дарли, полезность реологических параметров PV и YP ограничена. Для прогнозирования характера течения при малых скоростях сдвига лучше рассчитывать эффективную вязкость при преобладающей в трубе и затрубном пространстве скорости сдвига. На рис. 1 представлены кривые течения полимерглинистых суспензий, содержащих от 2 до 5 мас. % глины, а на рис. 2 и 3 – вязкостно-скоростные кривые. Каждая точка на кривых течения соответствует состоянию динамического равновесия между процессами изменения и восстановления структуры. При течении происходят обратимые изменения состояния и структуры полимерглинистых суспензий. Это явление всегда протекает во времени и называется тиксотропией, что подтверждается экспериментальным материалом – наличием петли гистерезиса. Для более полной оценки глинистых суспензий на основе таганского бентонита определяли статическую фильтрацию по методике АНИ на фильтр-прессе фирмы OFITE и pH растворов на приборе швейцарской фирмы SevenMulti Toledo.

Показатель фильтрации глинистых суспензий, обработанных кальцинированной содой и биополимером (0,2 %), изменялся от 12 до 8 см³ за 30 мин при варьировании концентрации

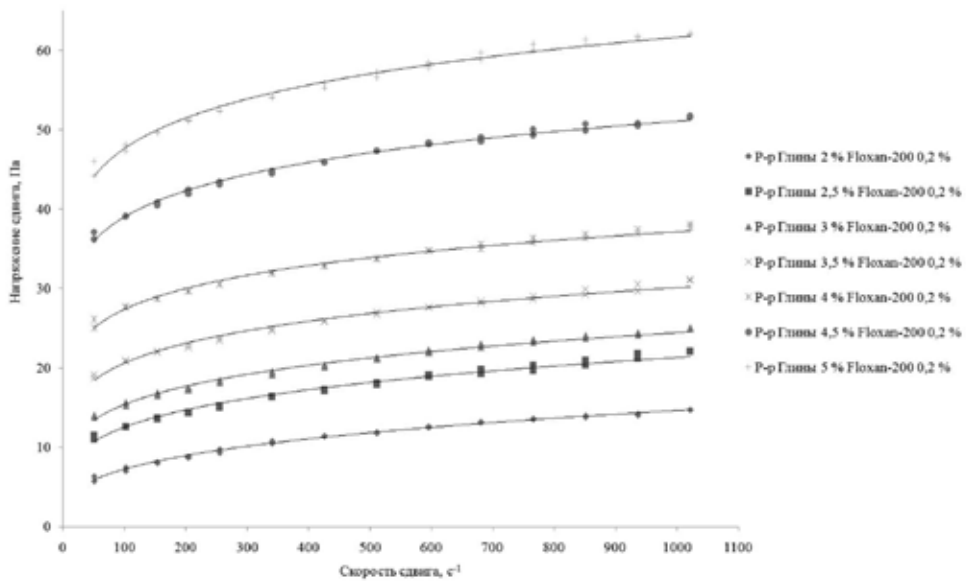


Рис. 1. Кривые течения полимерглинистых суспензий, полученных на приборе Viscometer Ofite model 900

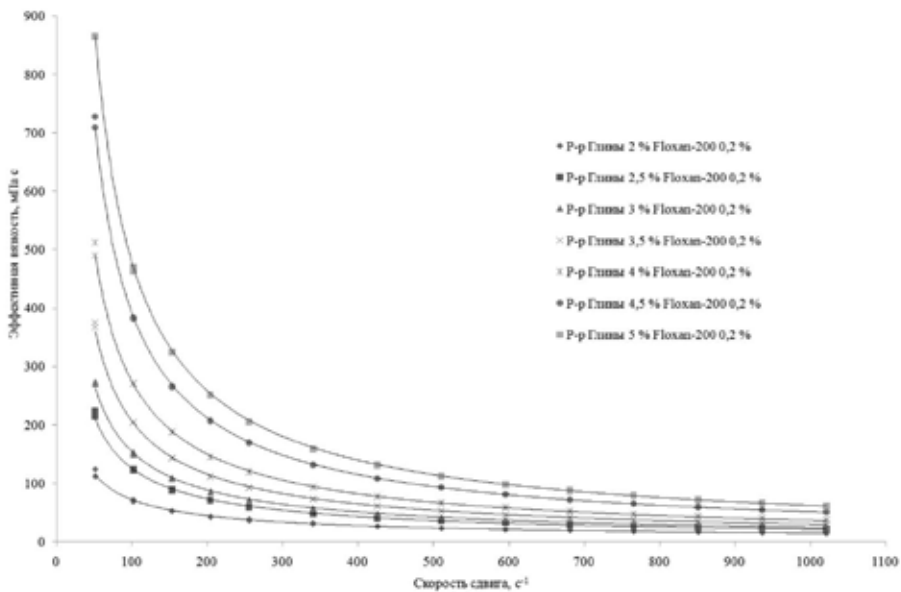


Рис. 2. Зависимость эффективной вязкости полимерглинистых суспензий от скорости сдвига при скорости сдвига от 50 до 1022 с^{-1}

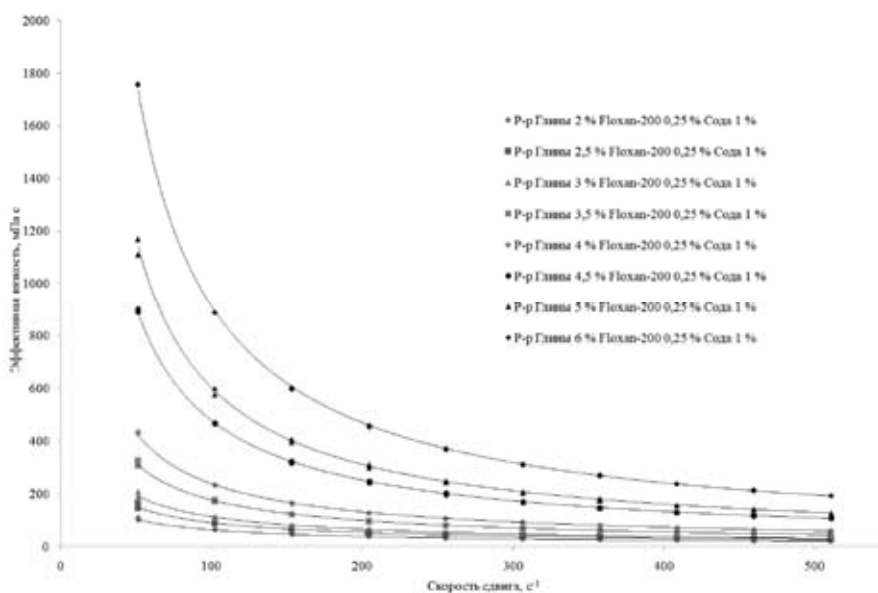


Рис. 3. Зависимость эффективной вязкости полимерглинистых суспензий от скорости сдвига при скорости сдвига от 50 до 500 с⁻¹

глины от 3,5 до 6 мас. % соответственно. По мнению В.И. Иванникова [1], при бурении в породах, где есть условия для образования глинистой корки, рекомендуется иметь показатель фильтрации не ниже 8-10 см³ за 30 мин. При меньшем его значении образование плотной корки снизит содержание полимера в фильтрате и последний потеряет защитные свойства при контакте с глинистыми горными породами. Ксантановая смола не является материалом для регулирования фильтрации, она хорошо сочетается с веществами-понижителями фильтрации, такими как КМЦ. Водородный показатель глинистых суспензий был равен 9,2, а полимерглинистых – 8,2.

Заключение

Результаты, полученные в данной работе, указывают на то, что глинистые суспензии, приготовленные из монтмориллонитовых глин Таганского месторождения, при их обработке кальцинированной содой и стабилизацией биополимерами ксантанового типа могут быть рекомендованы для массового использования при сооружении скважин комплексами ССК в сложных горно-геологических условиях, в т.ч. в несвязных дисперсных грунтах. Применение буровых растворов на основе глин Таганского месторождения в совокупности с твердосплавным специализированным породоразрушающим инструментом для ССК дает возможность расширить область применения этого способа бурения в любых горно-геологических условиях. Экспериментальный материал, полученный в лабораторных условиях, позволяет авторам рекомендовать к производственным испытаниям разработанные рецептуры растворов для сооружения скважин комплексами ССК на объектах ЗАО «Красноярская буровая компания».

Список литературы

- [1] Дедусенко Г.Я., Иванников В.И., Липкес М.И. Буровые растворы с малым содержанием твердой фазы. М.: Недра, 1985. 160 с.
- [2] Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин: в 2 т. / ред. Е.А. Козловский. М.: Недра, 1984. Т.2. 437 с.
- [3] Грим Р.Е. Минералогия и практическое использование глин. М.: Мир, 1967. 512 с.
- [4] Сапаргалиев Е.М. Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Усть-Каменогорск, 2010. 50 с.
- [5] Финевич В.П., Аллерт Н.А., Карпова Т.Р., Дулякин В.К. // Журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 2007. Т.11. Вып. 4. С. 69-74.
- [6] Грим Р.Е. Минералогия глин. М.: Недра, 1959. 454 с.
- [7] Котельников Д.Д., Конюхова А.И. Глинистые минералы осадочных пород. М.: Недра, 1986. 247 с.
- [8] Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. Киев. Наукова думка, 1975. 350 с.
- [9] Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г. Определение физических свойств нефтесодержащих пород. М.: Недра, 2007. 592 с.
- [10] Мерабишвили М.С. Бентонитовые глины. Л.: Госгеолтехиздат, 1962. 128 с.
- [11] Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения СПб.: Профессия, 2007. 560 с.
- [12] Маковей Н. Гидравлика бурения: пер. с рум. М.: Недра, 1986. 536 с.
- [13] Грей Дж.Р., Дарли Г.С.Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей): пер. с англ. М.: Недра, 1985. 509 с.
- [14] Jaffrey G. Southwick, Hoosung Lee, Alexander M. Jameson, John Blackwell // Carbohydrate Research. 1980. Vol. 84. P. 287–295.

Drilling Fluids with Low Solids for Drilling by Complexes with Wireless Core Drilling with Muds of Tagansky Bentonite Deposit

**Aleksander L. Neverov, Anton V. Gusev,
Aleksander V. Mineev and Vladimir P. Rozhkov**
*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The article is devoted to solving the problem of improving the efficiency of building wells in complex geological conditions by using wireless core drilling with muds based on bentonite of Tagansky deposit. Shows the effect of synergies in the processing of clay suspensions of xanthan biopolymer reagent (FLOXAN-200), which allowed for a kinetically stable colloidal suspensions containing montmorillonite clay 2 wt. %. Laboratory investigations of drilling fluids, containing in its composition 6.2 wt. % Tagansky bentonite stabilized biopolymer.

Keywords: montmorillonite, bentonite, xanthan gum, rheological properties, the effective viscosity.
