

6. Балденко Д.Ф., Кортаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИСАХАРИДНЫХ РЕАГЕНТОВ

К.М. Минаев<sup>1</sup>, В.А. Яновский<sup>2</sup>, А.С. Мишунина<sup>1</sup>, Р.А. Чуркин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup> *Сибирский физико-технический институт имени академика В.Д. Кузнецова Томского государственного университета, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию полимерных соленасыщенных буровых растворов, используемых для бурения многолетнемерзлых пород, бурения в солевых отложениях, чередующихся с пропластками глин. Полимерные растворы для бурения – это растворы высокомолекулярных веществ (ВМВ) на основе воды. Сравнительные исследования проведены на основе изучения реологических характеристик буровых полимерных растворов по показателю нелинейности, динамического напряжения сдвига, пластической вязкости.

**Abstract.** This article is devoted to research of polymer salt-saturated muds, which are useful in the long term permafrost drilling, drilling in salt deposits alternating with interlayers of clay. Polymer solutions for drilling - are solutions of macromolecular substances based on water. The basis of the research: the study of the rheological characteristics as a result of salt-saturated drilling polymer in terms of non-linearity, dynamic shear stress, plastic viscosity.

На настоящий момент существует большое количество требований предъявляемым к типу, свойствам и характеристикам буровых растворов, но самое главное это пригодность бурового раствора к применению в данных горно-геологических условиях. Высокие температуры на забое, высокое давление, наличие солевых пропластков, мерзлые породы и т.д. относятся к сложным горно-геологическим условиям. В таких условиях требуется применение высококачественных буровых растворов, а, соответственно, и специализированных химических реагентов, определяющих устойчивость промывочной жидкости к тем или иным воздействиям.

Область распространения многолетней мерзлоты в России занимает около 11 млн км<sup>2</sup>, что составляет почти 65% территории страны.

Для северных приморских низменностей характерны засоленные мёрзлые породы, содержащие в своём составе более 0,05% растворимых солей. Их представляют преимущественно глинистые морские отложения, не протаивавшие в эпоху климатического оптимума и сохранившие первичную засоленность. Они наиболее типичны для Большеземельской тундры и полуостровов Ямал и Гыдан в Западной Сибири. В Средней и Восточной Сибири ареал засоленных мёрзлых пород образует лишь узкую полосу вдоль Арктического побережья, проникая вглубь материка по долинам рек Лена и Колыма.

При бурении скважин в многолетнемерзлых горных породах (ММП) (мощность их доходит до нескольких сотен метров, температура достигает – минус 9 °С, обычно - минус 4-6 °С) применяются водные растворы NaCl, реже CaCl<sub>2</sub> [4]. Концентрация соли в растворе выбирается в соответствии с температурой ММП, кроме того при концентрации NaCl до 5% используется для ингибирования глин и повышения структурно-механических свойств БР, обработанных защитными коллоидами, для повышения Статического напряжения сдвига (СНС) при бурении на карбонатно-

глинистых суспензиях, регулятором осмотической активности водной фазы гидрофобно-эмульсионных растворов.

NaCl применяют для насыщения промывочных жидкостей перед вскрытием соленосных отложений для предупреждения образования каверн в скважинах, а также как антиферментатор крахмала при естественной достаточной минерализации. Насыщенные растворы NaCl широко применяются при бурении в многолетнемерзлых породах, а также в зимнее время [3].

Применение солей, особенно в составе которых присутствуют поливалентные катионы, осложняет выбор полимерных реагентов для бурового раствора. Современные полисахаридные реагенты, применяемые как стабилизаторы, структурообразователи, понизители фильтрации, в основном представлены анионным типом полимера и, соответственно, чувствительны к воздействию катионов металлов, особенно при высоком значении pH. Применение в солевых системах нестойких к высокой минерализации реагентов может привести к ухудшению технологических свойств бурового раствора и, соответственно, к различным осложнениям в процессе бурения. Поэтому представляется актуальной задача провести сравнительные испытания современных полисахаридных реагентов для выбора наиболее устойчивых к воздействию солей и для применения в качестве реагентов для бурения в многолетнемерзлых горных породах, а также для бурения солевых пропластков образованных галитом.

Сравнение полисахаридных реагентов проводили на основании исследования реологических характеристик растворов полисахаридов и модельных буровых растворов на их основе в присутствии хлорида натрия с содержанием 8 %, а также в насыщенном растворе хлорида натрия.

В качестве исследуемых полисахаридных реагентов были выбраны ПАЦ-НВ (ООО «Бия-Хим», г. Бийск), ПАЦ-ВВ (ЗАО «Полицелл», г. Владимир), Poluras R (MI SWACO), Duo-vis (MI SWACO). Выбор реагентов обусловлен их широким применением и доступностью, а также с целью сравнения реагентов в разных ценовых категориях.

ПАЦ-НВ, ПАЦ-ВВ и Poluras R применяют в качестве структурообразователей, которые обеспечивают минимальный рост значений реологических характеристик, а, следовательно, и гидравлических сопротивлений в бурильных трубах и затрубном пространстве; сочетают свойства понизителя фильтрации и загустителя в равной мере, с высокой производительностью. Данные реагенты представляют из себя карбоксиметилловые эфиры целлюлозы, со степенью замещения не менее 0,9. При этом ПАЦ-НВ, ПАЦ-ВВ это реагенты технического качества, содержание основного вещества составляет не менее 45 %, в то время как Poluras R позиционируется как очищенная высококачественная полианионная целлюлоза.

Poluras R используется для снижения водоотдачи пресных, соленых, хлоркалиевых и соленасыщенных растворов, растворов на основе морской воды. Он способствует формированию тонкой, плотной, упругой и малопроницаемой фильтрационной корки, снижая зону проникновения фильтрата в пласт, предотвращая вторжение твердой фазы раствора, снижает вероятность возникновения дифференциального прихвата. Реагент устойчив к бактериальной агрессии.

Duo-vis – ксантановая смола, полисахаридный реагент, который используется для контроля реологии, обеспечение высоких реологических свойств раствора (пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, СНС), удерживающей и выносящей способности.

В качестве основы использована глинистая суспензия с концентрацией глинопорошка марки ПБМБ (ООО «Хакасский бентонит») 5,0 %.

Исследуемые растворы были выдержаны не менее суток, а с добавлением солей трех суток.

Реологические свойства модельных буровых растворов рассчитывались по формулам, приведенным в работе А.И. Булатова и Дж.Р. Грей [3,4].

$$\eta = R_2 - R_1$$

где  $R_1$  – показания вискозиметра при 300 об/мин;

где  $R_2$  – показания вискозиметра при 600 об/мин.

Динамическое напряжение сдвига:

$$\tau = (R_1 - \eta)$$

Эффективная вязкость:

$$\mu = \frac{R_2}{2}$$

Показатель нелинейности:

$$n = \frac{\log\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{\log\left(\frac{N_2}{N_1}\right)}$$

Показатель консистентности:

$$K = \frac{R_2}{1022^n}$$

Где  $N_1$  и  $N_2$  – скорость вращения ротора вискозиметра OFITE 800 соответственно при 300 об/мин и 600 об/мин. Измерения проводились при условиях  $t = 22-24$  °C и  $P = 0,1$  МПа. Расхождения между результатами не превышали 5,0 % от средних значений.

Результаты исследований по воздействию хлорида натрия на модельный полимерглинистый раствор представлены в таблице 1.

Таблица 1

Структурно-реологические характеристики модельных буровых растворов

N	Состав растворов	Структурно-реологические характеристики				
		Модель Бингама			Степенная модель	
		$\eta$ (пласт. Вязкость) мПа·с	$\tau$ (дин.напр. сдвига) дПа	$\mu$ (эффект. вязкость) мПа·с	n	K (Па·с <sup>n</sup> )
1	5% бентонитовая суспензия (раствор 1)	4	10	9	0,36	1,47
2	Раствор 1+ 1% Пац ВВ	10	19	19,5	0,42	2,03
3	Раствор 1 + 1% Пац ВВ + 8% NaCl	8	24	20	0,32	4,30
4	Раствор 1 + 1% Пац НВ	11	30	26	0,34	4,84

5	Раствор 1 + 1% Пац HV 8% NaCl	10	24	22	0,37	3,34
6	Раствор 1 + 1% Duo-vis	9	22	19	0,33	3,3
7	Раствор 1 + 1% Duo-vis 8% NaCl	9	34	26	0,27	7,80
8	Раствор 1+1% Polypac R	8	21	18	0,34	4,9
9	Раствор 1+1% Polypac R+8% NaCl	13	27	26,5	0,29	3,18

На основании представленных данных можно сделать вывод, что добавка полимерного реагента, к глинистой суспензии приводит к увеличению вязкости раствора, в то время как реологический профиль течения модельного бурового раствора при данных концентрация исследуемых полисахаридных реагентов имеет схожий характер. Показатель нелинейности большинства растворов составил  $> 0,3$  что говорит о данных соединениях в составе раствора, что они представляют собой дискретную систему, т.к. связи между ними и частицами глины менее прочны, чем их связь с молекулами воды.

Более дорогостоящие реагенты в изученных диапазонах концентраций обеспечивают лучшую выносящую способность модельному буровому раствору, а также большее снижение показателя нелинейности бурового раствора.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» (уникальный идентификатор работы RFMEFI57814X0068).

### *Литература*

1. Булатов, А.И. Руководство по буровым раствора для инженеров [Текст] / А.И. Булатов, С.А. Шаманов. - Краснодар: ООО «Просвещение-ЮГ», 2001.
2. Грей, Дж.Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) [Текст]: пер. с англ. / Дж.Р. Грей, Г.С.Г. Дарли. - М.: Недра, 1985.
3. Кудайкулова Г.А. Буровые глинистые растворы: Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2003. 137 с.
4. Овчинников В.П., Аксенова Н.А. Буровые промывочные жидкости: Учеб. пособие для вузов. – Тюмень: Изд-во «Нефтегазовый университет», 2008. – 309 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ

А. М. Мурзин

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрены причины возникновения поглощений бурового раствора в процессе бурения. Классифицированы способы для их ликвидации. Детально рассмотрена конструкция технических средств, используемых при ликвидации поглощений. Сделан вывод о необходимости проведения дополнительных скважинных исследований как метода профилактики поглощений бурового раствора.

**Abstract.** The article discusses the causes of lost circulation during drilling. Classified ways to eliminate them. We discuss the design of technical equipment used in the liquidation of acquisitions.