

По результатам экспериментов проводили анализ ветвей нагружения и разгрузки диаграммы индентирования для каждого отдельного цикла. Это позволило выделить ту компоненту приложенной к индентору нагрузки, которая была ответственна за пластическую деформацию породы под рабочей поверхностью индентора. По сути, в области, непосредственно примыкающей к рабочей поверхности индентора, формировалась сферическая зона, внутри которой цементные связи между отдельными частицами разрушались и на стадии упругого отторжения тонкая разрушенная область материала уже не воспроизводила упругую реакцию, регистрируемую телеметрической аппаратурой. Последовательное циклическое нагружение материала ступенчато возрастающей нагрузкой позволило получить серию диаграмм индентирования. По результатам их математической обработки строилась итоговая кривая, отражающая изменение контактного напряжения в области рабочей части индентора, контактировавшего с отдельными частицами шлама, закрепленными в образце эпоксидной смолой (рис. 2).

Как видно из рис. 2, при увеличении нагрузки на индентор возрастает площадь контактной поверхности между ним и испытуемым материалом за счет более глубокого внедрения рабочей части в испытуемый материал. Это приводит к снижению контактного напряжения, ответственного за локальное разрушение породы под индентором. При возрастании нагрузки до значений более 1000 Н полученные кривые имеют пологие участки, отражающие постоянную составляющую внешней нагрузки, ответственную за разрушение породы под индентором. Полученные значения находятся в диапазоне 198–244 МПа, что коррелирует с прочностными характеристиками испытуемого материала в условиях его трехосного сжатия.

Л и т е р а т у р а

1. Шрейнер, Л. А. Методы оценки твердости и абразивности горных пород / Л. А. Шрейнер. – М. : Гостоптехиздат, 1959. – 189 с.
2. Оценка прочностных и деформационных характеристик минеральных компонентов горных пород методом микро- и наноиндентирования / С. Д. Викторов [и др.]. // Нанотехнологии и наноматериалы. – 2014. – № 4. – С. 47–55.
3. Способ определения прочности материала: пат. 2721089С1 Рос. Федерация : МПК G01N 3/32 (2020.01) ; МПК G01N 3/40 (2020.01) / И. Н. Степанкин, А. В. Халецкий, В. М. Ткачев, Р. Е. Гутман. – Оpubл. 15.05.2020.

УДК 622.24:622.276(476)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД, СКЛОННЫХ К ОСЫПАНИЮ

И. В. Добродеева, Н. В. Шемлей, Д. С. Матвеевко

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»

БелНИПИнефть, г. Гомель

В последние годы разработка нефтяных месторождений в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» ведется преимущественно путем бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. При этом в условиях низких пластовых давлений эффективность бурения ствола скважины, первичного и вторичного вскрытия продуктивных пластов существенно зависят от параметров и компонентного состава буровых растворов.

С целью определения эффективности применения буровых растворов на скважинах РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» были выполнены лабораторные испытания по сравнению реологических, триботехнических характеристик и выносящих свойств эмульсионных растворов, а также сопоставление с применяемым стандартным раствором. В работе проанализированы: эмульсионный биополимерный раствор (содерж. УВ фазы 40 % об.) ; инвертная эмульсия (содерж. УВ фазы 70 % об.) – раствор на углеводородной основе, эмульсия II рода, модельная рецептура, пресный облепченный ОМС КРК (содерж. УВ фазы 27,8 % об.). Технологические параметры эмульсионных растворов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технологические параметры эмульсионных растворов

Тип раствора	Параметры раствора						
	ρ , кг/м ³	Φ , см ³ / 30 мин	PV, мПа · с	ДНС, дПа	K^* _{дин. структ}	Электро- стабиль- ность, В	От- стой, %
Эмульсионный биополимерный раствор	970–980	0–0,5	12	81	6,75		
РУО (модельная рецептура)	955	2,0–2,2	24	120	5	911, 901, 891	1
Пресный облепченный сапропелевый раствор с КРК	1040	0,2–0,5	27	105	3,8		

Примечание. K^* _{дин.структ} (ДНС/PV) – коэффициент динамического структурообразования, чем выше значение K^* _{дин.структ}, тем выше выносящие способности раствора. Следует учитывать, что повышение значения K^* _{дин.структ} рекомендуется получать за счет снижения пластической вязкости.

Как видно из табл. 1, реологические параметры биополимерного эмульсионного раствора имеют наиболее оптимальные значения – при невысоком значении ДНС и пластической вязкости коэффициент динамического структурообразования самый высокий. В РУО значение K^* _{дин.структ} ниже, чем в биополимерном эмульсионном при более высоком значении ДНС и пластической вязкости. Значение электростабильности РУО – 901 В, соответствует требуемым значениям. Пресный облепченный сапропелевый с КРК имеет неудовлетворительные параметры реологии: при низком значении K^* _{дин.структ} – самое высокое значение пластической вязкости. При высоком значении PV увеличиваются гидравлические сопротивления, ухудшается очистка забоя и самого раствора от шлама.

Изменение реологических характеристик эмульсионных растворов в зависимости от температуры представлены на рис. 1–3.

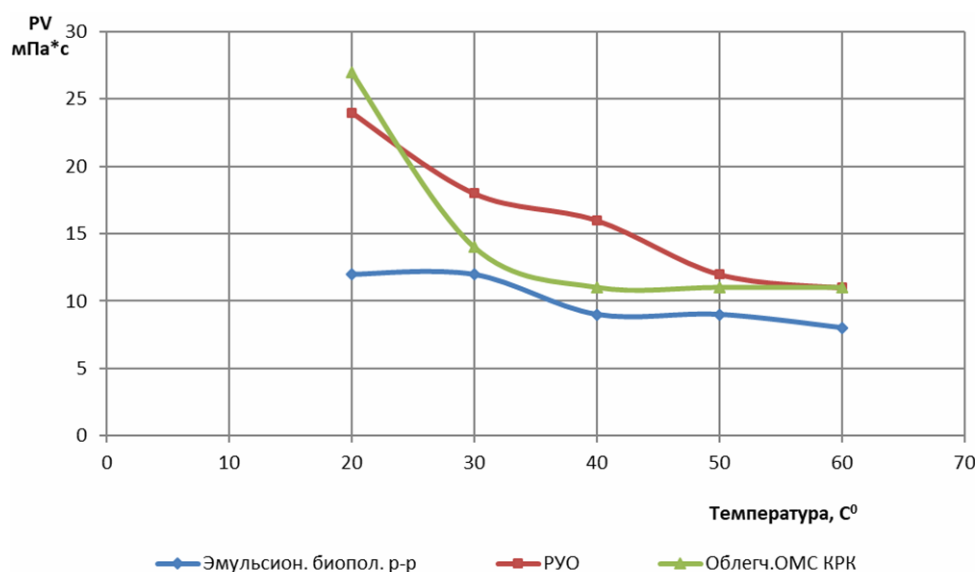


Рис. 1. Зависимость пластической вязкости эмульсионных растворов от температуры

На рис. 1 видна сильная зависимость пластической вязкости от температуры в облегченном ОМС КРК и РУО. В облегченном ОМС КРК при увеличении температуры до 30 °С наблюдается резкое снижение PV, при 60 °С PV снижается в 2,5 раза в сравнении с исходным значением. В РУО снижение PV более плавное, при 60 °С значение PV снижается в 2 раза. В эмульсионном биополимерном растворе PV не проявляет сильную зависимость, график снижения PV более пологий, при 60 °С значение PV в растворе снижается в 1,5 раза.

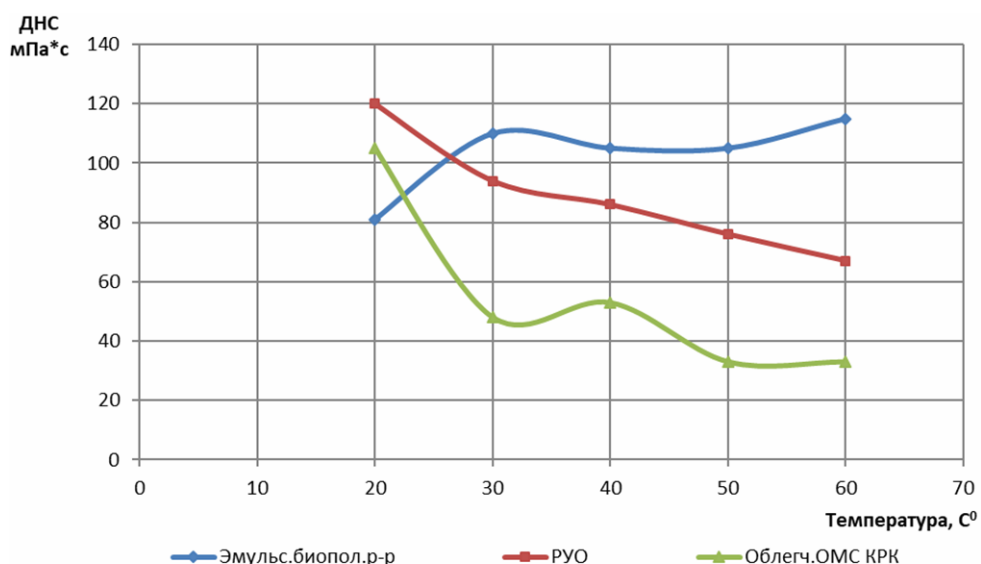


Рис. 2. Зависимость динамического напряжения сдвига эмульсионных растворов от температуры

На рис. 2 ДНС от температуры подтверждает большую зависимость от температуры у облегченного ОМС КРК и РУО. При увеличении температуры значения ДНС этих растворов снижаются. В облегченном ОМС КРК при 60 °С наблюдается снижение в 3 раза, в РУО – снижение 1,8 раза. Для эмульсионного биополимерного раствора динамика изменения ДНС с ростом температуры носит противоположный характер, при увеличении температуры ДНС возрастает в 1,4 раза.

Анализируя графики $K_{\text{дин.структ}}$ на рис. 3, видно, что с ростом $K_{\text{дин.структ}}$ в растворе увеличивается транспортирующая способность потока, а также гидродинамическое давление струй бурового раствора, выходящих из насадок долота, что обеспечивает увеличение механической скорости проходки. С ростом температуры наблюдается увеличение $K_{\text{дин.структ}}$ в эмульсионном биополимерном растворе в 2 раза, в РУО – в 1,2 раза. В облегченном ОМС КРК при 40 °С $K_{\text{дин.структ}}$ незначительно возрастает, при повышении температуры более 40 °С происходит снижение $K_{\text{дин.структ}}$ ниже исходных значений раствора.

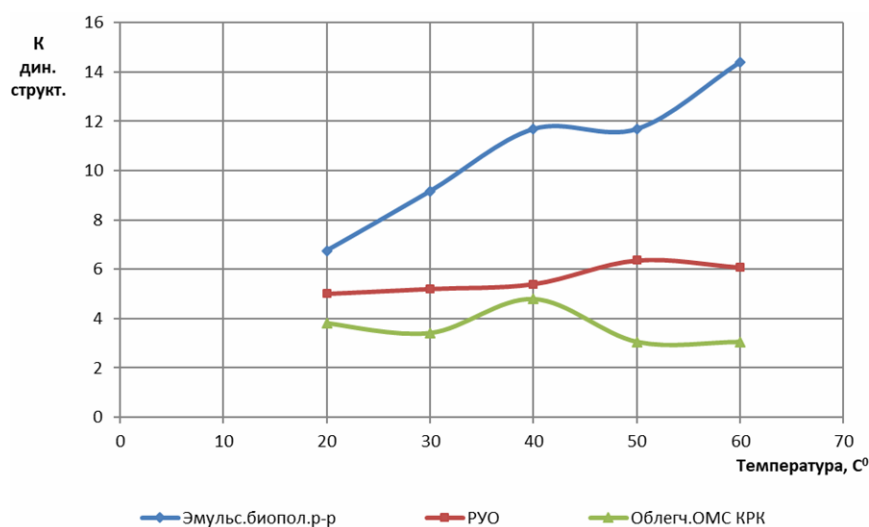


Рис. 3. Зависимость коэффициента динамического структурообразования эмульсионных растворов от температуры

Параметры, характеризующие триботехнические свойства ($K_{\text{тр.корки}}$, $K_{\text{тр}}$, $K_{\text{прихват}}$), приведены в табл. 2.

Таблица 2

Триботехнические параметры эмульсионных растворов

Тип раствора	Параметры раствора		
	$K_{\text{тр.корки}}$	$K_{\text{тр}}$	$K_{\text{прихват}}$
Эмульсионный биополимерный раствор	0,19	0,145	0
РУО	0,034	0,09	0
Пресный облегченный сапропелевый раствор с КРК	0,158	0,2	0

Из табл. 2 видно, что по триботехническим характеристикам растворов самые низкие значения $K_{\text{тр.корки}}$ и $K_{\text{тр}}$ имеет РУО. Раствор пресный облегченный ОМС КРК имеет самое высокие значения $K_{\text{тр}}$, проходящее по верхней границе требований дей-

ствующих ТНПА. Коэффициент прихватоопасности у всех эмульсионных растворов равен нулю.

Определение коэффициента выноса шлама эмульсионных растворов проводилось путем моделирования с помощью ПО Sysdrill. Данные по $K_{\text{вын.шлама}}$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета коэффициента выноса шлама в ПО Sysdrill

Тип раствора	Производительность насоса, л/с	Коэффициент выноса шлама
Эмульсионный биополимерный раствор	28	0,89
	30	0,90
	35	0,91
	40	0,91
РУО	28	0,88
	30	0,89
	35	0,9
	40	0,91
Пресный облегченный сапропелевый раствор с КРК	28	0,87
	30	Превышение критической скорости
	35	Превышение критической скорости
	40	Превышение критической скорости

Анализируя данные табл. 3, следует отметить, что производительность насосов является одним из факторов, влияющих на повышение механической скорости бурения, а эффективное удаление породы с забоя положительно влияет на среду работы долота и влечет за собой снижение сальникообразования и, как следствие, также повышает механическую скорость. При бурении в одинаковых условиях на эмульсионных растворах – эмульсионный биополимерный раствор и РУО позволяют увеличить производительность насосов до максимального значения и $K_{\text{вын.шлама}}$ у данных растворов более высокий. Пресный облегченный сапропелевый раствор с КРК позволяет бурить с производительностью не более 28 л/с, при этом значение $K_{\text{вын.шлама}}$ в данном растворе ниже.

УДК 622.24

ОПЫТ СПУСКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ЧАСТИЧНЫМ ОПОРОЖНЕНИЕМ В РУП «ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БЕЛОРУСНЕФТЬ»

Д. С. Матвеевко, Д. В. Порошин, В. В. Пологеевко
 РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»
 БелНИПИнефть, г. Гомель

Согласно существующей практике в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» в процессе проектирования строительства скважины грузоподъемность буровой установки выбирается исходя из номинального веса спускаемой обсадной колонны в воздухе.