

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПАВ ДЛЯ АЭРИРОВАННЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

А. М. Яковлев, А. В. Головкин

На кафедре технологии и техники бурения скважин Ленинградского горного института проведены исследования смесей поверхностно-активных веществ (ПАВ). Цель экспериментов — получить более эффективные по сравнению с применяемыми одиночными поверхностно-активными веществами добавки ПАВ.

За основу композиционных ПАВ были приняты освоенные промышленностью нейтральные реагенты-пенообразователи, относимые к веществам с эфирными связями, типа ОП-7 и ОП-10. В отечественной практике вещества ОП применяются как при бурении с продувкой, так и для получения аэрированных растворов, когда при эжекционном способе аэрирования (смесителями) их вводится в раствор 0,05—0,06%.

В водный раствор NaCl добавлялись: 1) кислые и нейтральные пенообразователи и 2) ионогенные реагенты-собиратели (рис. 1). Все опыты проводились с породой, широко распространенной в районах Крайнего Севера, в частности, в Якутской АССР: мелко- и среднезернистым песчаником, состоящим из кварца (4—70% объема); полевого шпата (10—30%) и обломков эффузивов (10—25%), сцементированных кварцем, песчано-глинистым или же карбонатным материалом. Эта порода использовалась с фракциями 0,25 и 0,1 мм, окварцованными в соотношении 1:1. За основные показатели ПАВ были приняты: 1) диспергирующая способность; 2) стабильность; 3) устойчивость к электролитам; 4) степень выноса из скважины породного шлама; 5) способность эффективно понижать удельный вес промывочной жидкости при минимальных расходах ПАВ.

Для упрощения эксперимента диспергирующая способность ПАВ оценивалась не прямым измерением пузырьков, а косвенно — по скорости пенообразования. Наряду с этим определялась и скорость разрушения пен. Выбранная методика позволяла качественно судить о поведении водо-воздушной эмульсии в скважине и в циркуляционной системе — в отстойниках.

На установке, схематически показанной на рис. 2, изучались кинетика образования (30 сек) и разрушения (30 мин) пен. Опыты велись при различных концентрациях смешанных ПАВ на пресной и минера-

Композиционные ПАВ на основе нейтральных
пенообразователей ОП-7 и ОП-10

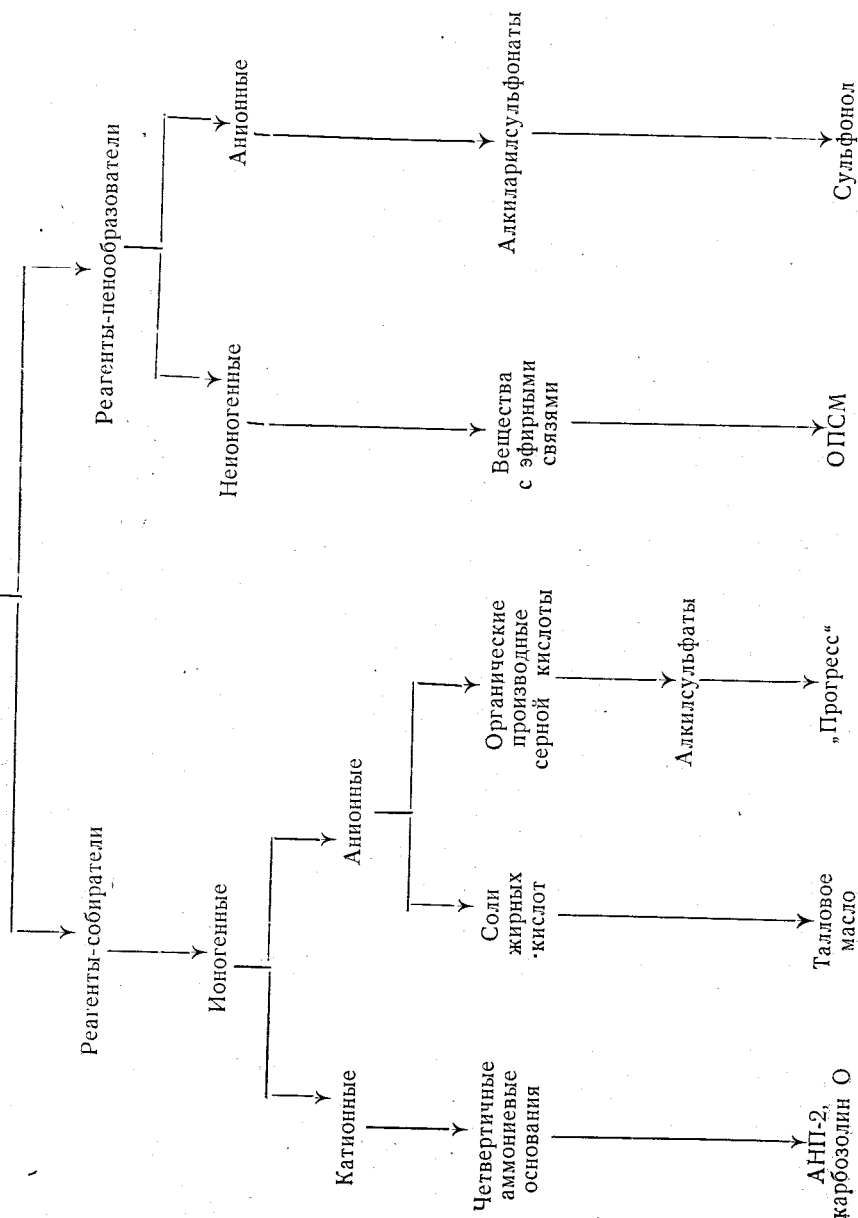


Рис. 1. Схема составов исследуемых смесей ПАВ

лизированной воде. От турбокомпрессора воздух с постоянным расходом $0,01 \text{ м}^3/\text{сек}$ подавался через фильтр Шотта в цилиндр. По шкале устанавливалось изменение высоты столба пены во времени. Ускоренное удаление пены из цилиндра осуществлялось с помощью вакуумного насоса.

Некоторые результаты исследований пенообразования и стабильности смешанных ПАВ приведены на графиках (рис. 3, а—е). Опыты

показали, что смеси ПАВ обеспечивают лучшие показатели, чем одиночное вещество ОП-7, взятое при обычно рекомендуемой концентрации 0,05%. Так, для смесей неионогенного вещества с анионными ПАВ (реактантами-собираателями и пенообразователями) и при различной минерализации вод одно- и двухвалентными солями пенообразование было выше, чем для вещества ОП-7, растворенного в воде, содержащей только 139 г/л NaCl (рис. 3, а—в). То же наблюдалось и при работе со смесью неионогенного ПАВ с катионными (рис. 3, г, д). Кроме того, оказалось возможным благодаря изменению концентрации одного из составляющих смеси ПАВ усилить стабилизацию, а соответственно и диспергирование пузырьков воздуха в воде (рис. 3, е). Однако при обильной и стабильной пене освобождение аэрированной жидкости от разрушенной породы протекает медленно, в результате чего в потоке жидкости остается и может накапливаться буровой шлам. Это способствует еще большей устойчивости пенной системы, ведущей, в конечном итоге, к росту удельного веса раствора. Одна из мер борьбы с этим недостатком аэрированного раствора без применения дегазационных устройств — правильный выбор длительности существования пены.

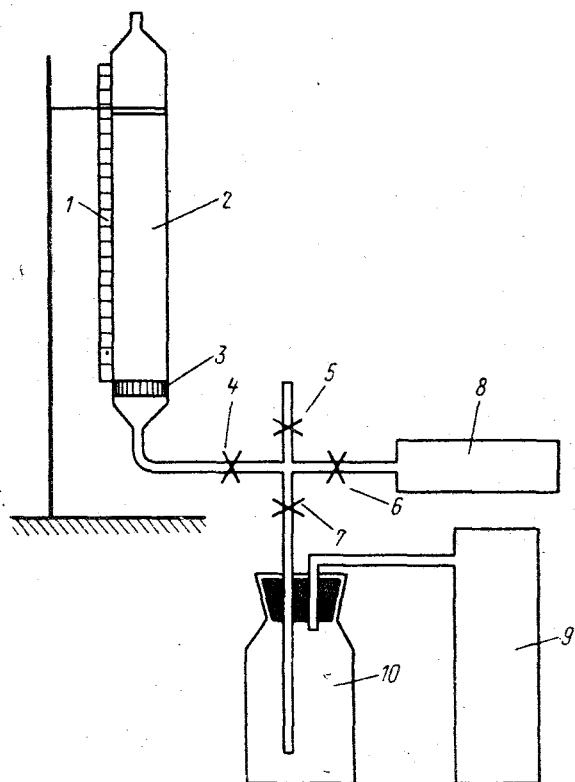


Рис. 2. Схема установки для оценки пенообразующей способности ПАВ

1—шкала; 2—цилиндр; 3—фильтр Шотта; 4—7—краны; 8—компрессор; 9—вакуумнасос; 10—емкость

Для процесса бурения скважин аэрированной жидкостью, как и для флотации [4], остаются справедливыми требования к пенной системе: быть достаточно неустойчивой, чтобы пена легко разрушалась при движении по циркуляционной системе, и быть настолько стабильной в

скважине, чтобы можно было обеспечить необходимое снижение удельного веса промывочного раствора.

При расходе промывочной жидкости 70 л/мин и диаметре скважины 76 мм, обычном для алмазного и твердосплавного бурения, общее

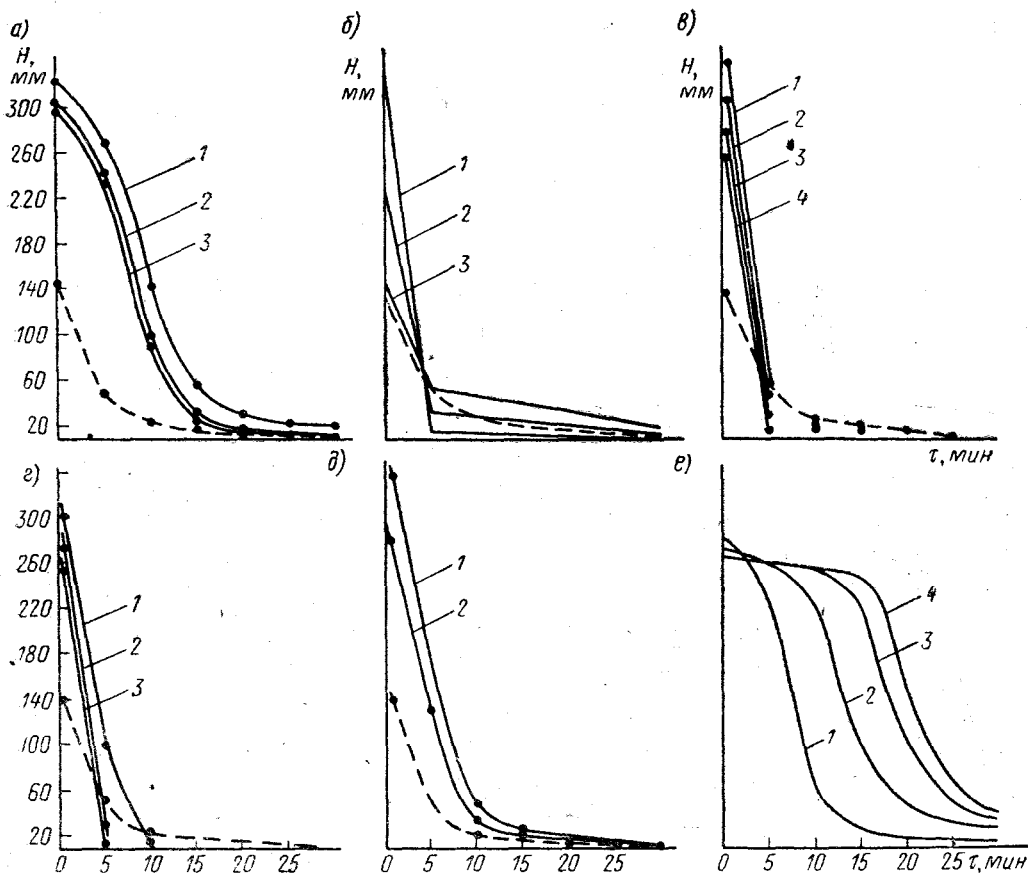


Рис. 3. Высота подъема столба пены и его разрушение во времени при различных ПАВ и минерализации воды (на рисунках а—д для сравнения пунктиром показаны результаты от добавок 0,05% ОП-7 в 139 г/л раствора NaCl):

а—смесь ОП-7 (0,01%) и „Прогресс“ (0,1%) при содержании в воде электролитов: 1—0,5 г/л CaCl_2 + 0,5 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 2—1 г/л CaCl_2 + 1 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 3—3 г/л CaCl_2 + 3 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; б—композиция ПАВ в воде, содержащей 3 г/л CaCl_2 + 3 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl и при введении смесей: 1—0,03% ОП-7 + 0,05% СТМ; 2—0,03% ОП-7 + 0,012% СТМ; 3—0,03% ОП-7 + 0,002% СТМ; в—смесь ОП-7 (0,01%) и сульфанола (0,005%) при содержании в воде электролитов: 1—0,1 г/л CaCl_2 + 0,1 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 2—0,5 г/л CaCl_2 + 0,5 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 3—1 г/л CaCl_2 + 1 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 4—3 г/л CaCl_2 + 3 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; г—смесь ОП-7 (0,03%) и АНП-2 (0,001%) при содержании в воде электролитов: 1—0,5 г/л CaCl_2 + 0,5 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 2 и 3—3 г/л CaCl_2 + 3 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; д—смесь ОП-7 (0,02%) и карбозолин О (0,003%) при содержании в воде электролитов: 1—0,1 г/л CaCl_2 + 0,1 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; 2—3 г/л CaCl_2 + 3 г/л MgSO_4 + 139 г/л NaCl; е—смесь ПАВ в воде, содержащей 139 г/л NaCl при постоянной концентрации ОПСМ (0,03%) и добавки ОП-7: 1—0,01%; 2—0,02%; 3—0,03%; 4—0,04%

время движения по циркуляционной системе длиной 10—20 м не превышает 3 мин. В связи с этим рациональное время существования пенной системы при глубине скважины от 100 до 300 м в диаметре ее до 76 мм — не более 5—11 мин. Этому требованию, предъявляемому к аэрированному раствору, удовлетворяют исследуемые композиционные ПАВ.

Можно отметить, что отдельно взятые, при исследуемых концентрациях, реагенты ОПСМ, СТМ и АНП-2 в минерализованной воде давали легко разрушающуюся за 5—10 сек пенную систему. Использование же отдельно анионных реагентов в минерализованной среде, как известно, невозможно из-за коагуляции и потери их активности.

Исследуемые композиционные ПАВ (см. рис. 3, *a—e*) оказались устойчивы к минерализации вод солями CaCl_2 , MgSO_4 и NaCl , вводимыми в больших количествах, чем содержащиеся обычно в технической воде на Крайнем Севере, используемой для приготовления промывочных растворов, а также в воде, искусственно засаливаемой для понижения температуры ее замерзания (введением 139 г/л NaCl , обеспечивалось понижение температуры замерзания воды до $-8,6^\circ\text{C}$).

Степень выноса породы в зависимости от добавок ПАВ и минерализации воды

Вид и концентрация составляющих ПАВ, %	Минерализация воды солями, г/л			Вынос песчаника, %
	CaCl_2	MgSO_4	NaCl	
ОП-7 (0,03) + АНП-2 (0,001)	3	3	139	80
ОП-7(0,02) + АНП-2 (0,001)	—	—	139	90,5
ОП-7 (0,01) + „Прогресс“ (0,1)	—	—	139	52
ОП-7 (0,01) + ОПСМ (0,3)	—	—	139	50
ОП-7 (0,05) + сульфенол (0,005)	—	—	139	32,4
ОП-10 (0,05) + сульфенол (0,005)	—	—	139	33
ОП-10 (0,05) + СТМ — сырое талло- все масло (0,005)	—	—	139	33
ОП-10 (0,05)	—	—	139	21,5
АНП-2 (0,001)	—	—	139	12,0
ОП-7 (0,05)	—	—	139	15,6
ОПСМ (0,3)	—	—	139	15
СТМ (0,005)	—	—	139	12

Опыты по оценке флотирующих (выносных) свойств композиций ПАВ проводились на лабораторной флотомашине. По полученным отдельным результатам (см. таблицу) можно сделать следующие выводы. Смеси ПАВ во всех случаях обеспечивают лучший вынос породы, чем при работе с одиночным реагентом. Наиболее эффективное удаление частиц песчаника из минерализованной воды достигалось при использовании смеси нейтрального пенообразователя ОП-7 с катионным собирателем АНП-2. Объясняется это более высокой степенью гидрофобизации частиц песчаника катионным ПАВ, так как катионные реагенты интенсивно снижают смачиваемость частиц данной породы, благодаря чему усиливается прочность прикрепления их к пузырькам воздуха. Таким образом, состав композиций ПАВ для конкретных условий следует выбирать с учетом типа разбуриваемых пород. Так, на основании исследований Г. А. Бабаляна и др. [2], лучший состав композиционных ПАВ для карбонатных пород — это смесь нейтрального пенообразователя с анионным реагентом-собирателем, например, типа ОП-7 (или ОП-10) плюс сырое омыленное талловое масло.

Благодаря избирательной гидрофобизации поверхностей частичек шлама, в потоке жидкости обеспечиваются наилучшие условия для при-

липания к пузырькам воздуха и лифтирования с забоя скважины на поверхность частиц породы, так как при этом снижается удельный вес образуемых воздушно-минеральных комплексов по сравнению с удельным весом того же объема частиц породы.

Изменять удельный вес промывочной жидкости можно разными методами: 1) изменяя степень аэрации; 2) изменяя тип и концентрацию ПАВ; 3) регулируя одновременно содержание воздуха и концентрацию ПАВ в промывочной жидкости.

Первый и третий методы относительно просто обеспечиваются при компрессорной аэрации и при использовании различных смесителей-аэраторов. Добавки ПАВ в этом случае выполняют в основном роль стабилизаторов пенной системы (в требуемых пределах); флотореагентов, улучшающих очистку забоя и ствола скважины от разбуренной породы; понизителей твердости и т. д.

Расход добавок ПАВ при этом невелик. Так, например, при получении аэрированного раствора с помощью аэратора конструкции ВИТР использовался рецепт смеси ПАВ типа 0,01% ОП-7 + 0,005% АНП. Минерализованная вода с удельным весом $1,07 \text{ г/см}^3$, содержащая 106 г/л NaCl , подводилась к аэратору от насоса НГР-250/50 в количествах 100 и 50 л/мин. Удельный вес промывочной жидкости был снижен соответственно до 0,6 и $0,9 \text{ г/см}^3$. При повышении концентрации ОП-7 в данной смеси до 0,03% и при расходе жидкости через аэратор 100 л/мин удельный вес ее был понижен до $0,66 \text{ г/см}^3$.

Таким образом, применение композиций ПАВ позволяет значительно снизить их удельный расход при компрессорном и бескомпрессорном (с аэратором) способе аэрации промывочной жидкости, а следовательно, и уменьшить стоимость 1 м^3 такого раствора. При этом улучшается вынос породы из скважины, обеспечивается регулирование удельного веса промывочной минерализованной хлористым натрием воды, а соответственно, и снижение гидростатического давления на пласт.

При бескомпрессорном аэрировании (механическим перемешиванием) для снижения удельного веса минерализованной воды требуется несколько повышенный расход ПАВ, по сравнению с компрессорным или эжекционным способом. Так, в воду, содержащую 106 г/л NaCl ($\gamma = 1,07 \text{ г/см}^3$), были введены смеси ПАВ следующих составов: 1% ОП-7 + 0,2% АНП-2 и 3% ОП-7 + 0,2% АНП-2. Удельный вес жидкости был снижен соответственно до 0,91 и $0,70 \text{ г/см}^3$. Аэрация соленой воды достигалась методом перемешивания насосом в течение 4 мин.

При составе смешанного ПАВ типа 1% ОП-7 + 0,5% сульфонола удельный вес соленой воды составил $0,94 \text{ г/см}^3$, а при 3% ОП-7 + 0,5% сульфонола — уже $0,65 \text{ г/см}^3$. Смесь ПАВ состава 1% ОП-7 + 0,1% «Прогресс» обеспечивала в тех же условиях снижение удельного веса соленой воды до $0,85 \text{ г/см}^3$, а при составе 1% ОП-7 + 0,5% «Прогресс» — до $0,83 \text{ г/см}^3$.

Таким образом, при бескомпрессорной аэрации минерализованной воды эффективны добавки композиционных ПАВ, которые составлены: 1) из нейтрального пенообразователя и анионных или катионных реагентов-собирающих; 2) из двух нейтральных пенообразователей и 3) из смеси, неионогенного пенообразователя с кислым.

Для исследованных пород (песчаника) эффективными являются смеси ОП-7 + АНП-2 и ОП-7 + «Прогресс». При этом концентрации

составляющих ПАВ по результатам опытных данных следующие: для неионогенного вещества типа ОП-7 — от 1 до 3%; для катионных или анионных компонентов типа АНП-2 и «Прогресс» — от 0,1 до 0,5%.

Снижение удельного веса промывочного раствора при одновременном повышении его структурных свойств — наиболее эффективная мера, предотвращающая поглощение раствора породой. Этот метод борьбы с поглощением жидкости в условиях Крайнего Севера следует признать одним из наиболее рентабельных при вскрытии поглощающих горизонтов твердосплавным и алмазным породоразрушающим инструментом диаметром до 76 мм, так как при этом обеспечивается возможность бурения скважины без потери диаметра, т. е. при сохранении одноколонной ее конструкции.

Аэрация промывочных растворов, характеризующихся структурными свойствами, наиболее просто может быть достигнута методом перемешивания насосом или в глиномешалке при одновременной добавке в раствор поверхностно-активных веществ.

Современное состояние получения и использования бескомпрессорно аэрированных глинистых растворов для пород с положительными температурами освещено М. С. Винарским и Н. М. Гончаренко [1], а данные о безглинистых структурных растворах — В. А. Ишутиновым [5]. Сущность действия аэрированных тиксотропных растворов, как отмечают М. С. Винарский и Н. М. Гончаренко, заключается, в отличие от неаэрированных растворов с добавками структурообразователей, в более полном использовании воздуха как компонента раствора, присутствие которого повышает коагулирующую способность последнего. На основании этого авторы делают вывод: для бескомпрессорно аэрированных тиксотропных растворов глубина скважины не является ограничивающим фактором. По их мнению, наиболее рациональная область применения аэрированных глинистых растворов — проходка высокодренированных пластов при поглощении растворов до 20—25 м³/ч и при глубине статического уровня до 75—100 м от устья, когда точно не известно положение поглощающего интервала. Главным условием для получения высококачественного аэрированного раствора они считают необходимость использовать стабильный глинистый раствор с величиной статического напряжения сдвига не ниже 20 мг/см², определенного за минуту.

Применение композиционных добавок ПАВ, в частности неионогенного вещества ОП-7 с анионоактивным сульфоном, позволило добиться нового эффекта: снижения удельного веса минерализованных стабилизированных глинистых растворов.

Основным достоинством отмеченного состава композиционного ПАВ является его устойчивость к минерализованным глинистым растворам. Для получения минерализованного аэрированного глинистого раствора использовался 25%-ный раствор из бентонитового глинопорошка Махарадзевского завода. Противоморозная добавка — хлористый натрий — вводилась в количестве 5,5%. Стабилизатором служила КМЦ, вводимая в раствор с добавкой, равной 4%. Исходный удельный вес глинистого раствора $\gamma = 1,18 \text{ г/см}^3$. Аэрация раствора производилась в лабораторной глиномешалке.

В зависимости от состава и содержания композиционного ПАВ, введенного в данный раствор, полученный удельный вес раствора составил, г/см³:

0,7%	ОП-7 + 0,1%	сульфонола	1,17
0,5%	ОП-7 + 0,1%	"	1,15
1%	ОП-7 + 0,1%	"	1,10
2%	ОП-7 + 0,1%	"	0,90
0,1%	ОП-7 + 0,2%	"	1,06
0,5%	ОП-7 + 0,2%	"	1,02
1%	ОП-7 + 0,2%	"	0,90
2%	ОП-7 + 0,2%	"	0,70

Таким образом, для получения бескомпрессорно аэрированных, минерализованных хлористым натрием глинистых растворов, стабилизированных КМЦ, можно применять композиционные ПАВ состава ОП-7 + сульфонол. Содержание компонентов при этом находится в пределах: для ОП-7 — от 0,5 до 1%; сульфонола — от 0,2 до 0,3%. Для сравнения заметим, что при бескомпрессорной аэрации пресных глинистых растворов расход ПАВ типа ПО-1 рекомендуется в количестве до 1,5—2,0%.

Введение катионных ПАВ в глинистый раствор даже в составе других веществ недопустимо, так как они вызывают коагуляцию последнего.

Производственное испытание аэрированных (с аэратором конструкции ВИТР) незащищенных глинистых растворов, минерализованных NaCl, было частично осуществлено в условиях Депутатской ГРП на скважине № 453. На глубине 53,35 м в морозных ($t = -7,7^{\circ}\text{C}$) полимиктовых трещиноватых песчаниках наступило поглощение промывочной жидкости. Исходный удельный вес соленого раствора составлял $1,07 \text{ г/см}^3$. Необходимый удельный вес аэрированной жидкости был определен равным $0,87 \text{ г/см}^3$. Вводом в отстойник композиционного ПАВ состава 0,03% ОП-7 + 0,005% сульфонола удельный вес раствора был снижен до $0,8 \text{ г/см}^3$. Поглощение на этом интервале глубины было ликвидировано.

Аэрированные промывочные жидкости применяются главным образом при вскрытии зон поглощений, представленных сильно проницаемыми, трещиноватыми и кавернозными породами с низким пластовым давлением, а также рекомендуются для бурения в районах, трудных по водоснабжению, в том числе и в районах Крайнего Севера. Аэрированные растворы используются также при вскрытии малодебитных и слабонапорных водоносных горизонтов для предотвращения и снижения их колюматации шламовым материалом.

Применение аэрированных растворов, получаемых методами компрессорной и бескомпрессорной аэрации, следует оценить с точки зрения экономической их эффективности. Это особенно важно, так как, например, дополнительные затраты, связанные с использованием двух промывочных агентов — воды и воздуха (с одновременной работой компрессорной и насосной установок) «редко окупаются за счет существенного ускорения бурения» [1]. И наоборот, несмотря на несколько повышенный расход ПАВ при получении бескомпрессорно аэрированных жидкостей применение их более эффективно в практике геологоразведочных буровых работ и особенно в условиях Крайнего Севера, так как при этом не требуется ни дополнительных капитальных затрат (как при компрессорном или эжекционном способах), ни изменения организации и технологии бурения (нет необходимости во введении в линию манифольда смесителей, обратных клапанов и т. п.).

Применение аэрированных растворов, по сравнению с обычными, требует определенных дополнительных затрат в станко-смену. Однако

если за счет увеличения выработки затраты на метр углубки при бурении с аэрированными и обычными растворами станут одинаковыми, то новый способ можно считать экономически оправданным. Таким образом, для установления рациональных границ использования аэрированных растворов достаточно найти величину минимально необходимого увеличения выработки, при которой наступит равенство затрат, а дальнейший прирост выработки сверх этой минимальной величины обеспечит прибыль. Для более полной оценки используются приведенные затраты Π , учитывающие не только затраты по себестоимости C , но и единовременные затраты K :

$$\Pi = C + EK, \quad (1)$$

где $E = 0,2$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных затрат.

Расчет минимально необходимого повышения выработки в станко-смену может быть произведен по формуле

$$K_n = \frac{\Pi_c + \Delta \Pi'_n}{\Pi_c - \Delta \Pi_n + \Delta \Pi'_c}, \quad (2)$$

где Π_c — приведенные затраты на станко-смену при бурении с обычными растворами в нормализованных условиях; $\Delta \Pi_n$ — дополнительные приведенные затраты в станко-смену, связанные с применением аэрированных растворов; $\Delta \Pi'_n$, $\Delta \Pi'_c$ — дополнительные приведенные затраты в станко-смену, связанные с отклонением от нормализованных условий проходки скважин (сильное поглощение промывочной жидкости и др.).

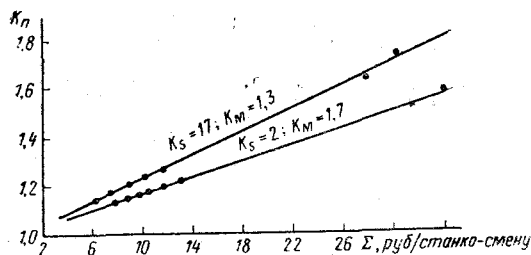


Рис. 4. Зависимость величины коэффициента K_n от суммарных дополнительных затрат в станко-смену при бурении различными способами

По нормативам [3] для районов Крайнего Севера были определены значения K_n для условий проходки скважин в зонах многолетнемерзлых пород. По результатам расчетов построен график (рис. 4). Коэффициент K_n повышается пропорционально росту дополнительных затрат. Как известно, с ростом выработки повышаются и затраты по заработной плате рабочих, т. е. увеличиваются дополнительные затраты. В связи с этим там, где выше доля материальных затрат, применение новых технологических способов рационально при меньших значениях K_n .

Наибольшие дополнительные затраты требуются при компрессорной аэрации, что связано с необходимостью содержания компрессора. Однако в случае совмещения профессий помощника бурового мастера и компрессорщика дополнительные затраты снижаются почти на 30—40%, и соответственно уменьшается значение коэффициента K_n .

Рост выработки в станко-смену зависит главным образом от значений механической скорости и рейсовых проходок. Величина минимально необходимой механической скорости в зависимости от значения K_{Π} , а также изменения проходки за рейс может быть определена из выражения

$$K_M = \frac{K_{\Pi} H_{\text{вс}} s K_s}{5,6 s K_1 - K_{\Pi} H_{\text{вс}} t_{\text{всп}}}, \quad (3)$$

где $H_{\text{вс}}$ — выработка в станко-смену при бурении с обычными растворами, м/станко-смену; s — проходка за рейс при бурении с обычными растворами, м/рейс; K_s — коэффициент, характеризующий ожидаемое увеличение рейсовой проходки при использовании аэрированных растворов по сравнению с обычными; $t_{\text{всп}}$ — затраты на вспомогательные операции, отнесенные к одному рейсу, ч/рейс.

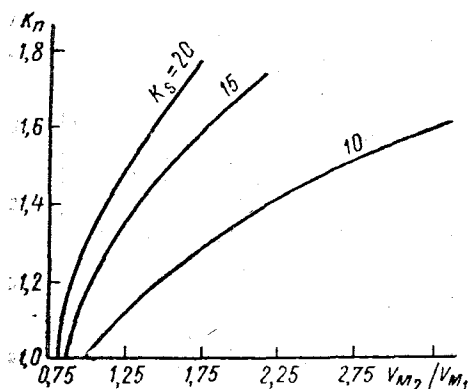


Рис. 5. Зависимость отношения механических скоростей бурения по новой и старой технологии от значения коэффициентов K_{Π} и K_s

Подставляя значения всех величин, входящих в формулу (3) для случая бурения с глинистым раствором в породах IX категории на глубину 300 м, а также приведенные на графике (см. рис. 4) значения K_{Π} и варьируя значениями K_s , можно определить минимально необходимые значения механической скорости бурения V_M .

Результаты расчетов показаны на графике (рис. 5), из которого видно, что значения V_M изменяются в широких пределах. Они могут быть даже меньше, чем при бурении с обычными растворами, при определенном увеличении рейсовой проходки K_s .

Предлагаемая методика позволяет заранее определять условия, при которых применение рассматриваемых способов приготовления аэрированных растворов будет рентабельным.

Выводы

1. Применение для аэрированных промывочных жидкостей композиционных ПАВ, составленных: а) из нейтральных реагентов-пенообразователей с анионными или катионактивными собирателями; б) из двух нейтральных пенообразователей; в) из смеси нейтрального пенообразователя с кислым, более технологически эффективно, чем использование каждого из них в отдельности.

2. Композиционные ПАВ за счет более высокой избирательной гидрофобизации шламовых частичек породы обеспечивают лучшие условия коагуляции трещин и пор поглощающего горизонта образующимися воздушно-минеральными комплексами, а также улучшают условия удаления разбуренной породы с забоя и из ствола скважины.

3. Аэрированные растворы, и, в первую очередь, бескомпрессорно аэрированные жидкости, должны найти более широкое использование в практике геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые.

4. Бурение с аэрированными циркуляционными средами не требует изменения конструкции скважин, сокращает потери жидкости. Все это позволяет рекомендовать предложенный способ бурения для районов Крайнего Севера, где одним из наиболее распространенных видов осложнений процесса бурения является поглощение промывочной жидкости.

5. Предлагаемая методика экономической оценки различных способов получения аэрированных растворов позволяет определить рентабельность каждого из них для конкретных геолого-технических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винарский М. С., Гончаренко Н. М. Применение аэрированных жидкостей при бурении скважин в поглощающих горизонтах. М., «Недра», 1969.
2. Бабалян Г. Н. и др. Физико-химические основы применения поверхностно-активных веществ при разработке нефтяных пластов. М., Гостоптехиздат, 1962.
3. Временная инструкция по алмазному бурению. Л., «Недра», 1969.
4. Годэн А. М. Основы обогащения полезных ископаемых. М., Металлургиздат, 1946.
5. Ишутин В. А. Разработка и исследование естественных аэрированных промывочных жидкостей при бурении разведочных скважин. Автореф. канд. дисс. Изд. Свердловск. горн. ин-та, 1971.