

УДК 622.244.5:622.248.33:622.244.49:532.11

**А.А. Яковлев, М.В. Турицына**

Санкт-Петербургский государственный горный университет, Россия

## **К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕНООБРАЗУЮЩЕГО РЕАГЕНТА**

Проведены анализ и оценка месторождений Пермского края, Западной и Восточной Сибири с низкими пластовыми давлениями продуктивных горизонтов.

Рассмотрены вопросы, связанные с промывкой скважин с применением газожидкостных промывочных смесей. Проведены экспериментальные исследования пенообразующих поверхностно-активных веществ.

**Ключевые слова:** бурение, продуктивный горизонт, аномально низкие пластовые давления, промывка, смеси газожидкостные, поверхностно-активные вещества.

**A.A. Yakovlev, M.V. Turitsyna**

Saint-Petersburg state mining university, Saint-Petersburg, Russia

## **APPLICATION OF NEW COMPOSITIONS OF SURFACE-ACTIVE MATERIALS FOR PRODUCING OF FROTHER**

An analysis and estimation of deposits with abnormal-low formation pressure of productive interval of the Perm Territory, Western and Eastern Siberia is conducted. Questions, related to well cleanout with the use of liquid-gas mixtures, are considered. Experimental researches of surface-active materials for producing of frother are carried out.

**Keywords:** drilling, productive interval, abnormal-low formation pressure, well cleanout, liquid-gas mixtures, surface-active materials.

Добыча нефти в стране за последние 15–20 лет в целом характеризуется снижением уровня. Прирост запасов осуществляется за счет открытия новых месторождений, как правило, с трудноизвлекаемыми запасами. Поскольку по мере выработки месторождений, характеризующихся сравнительной простотой добычи углеводородного сырья, происходит переход к разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, это требует иного подхода, по сравнению с ранее применявшимся, ко всему процессу эксплуатации, начиная с первичного вскрытия продуктивного горизонта. К таким сложным горно-геологическим условиям относятся аномальные пластовые давления, солевые толщи, многолетняя мерзлота и др.

Опыт буровых работ в различных районах мира показывает, что аномально низкие пластовые давления (АНПД) встречаются реже, чем аномально высокие. Тем не менее АНПД были установлены во многих районах в процессе бурения на нефть и газ.

Анализ данных по пластовым давлениям продуктивных горизонтов [4] в пределах Пермского края, Западной и Восточной Сибири показывает, что в большинстве случаев (порядка 70 %) начальный коэффициент аномальности выражается величиной порядка 0,94–0,99 и лишь в редких случаях составляет 0,75 или менее. Географически месторождения с АНПД получили широкое распространение на месторождениях Западной Сибири.

При добыче нефти и газа, в случае несоблюдения режимов поддержания пластового давления, искусственно могут быть вызваны АНПД. Добыча больших количеств пластовых флюидов может привести к резкому снижению пластового давления. По существу, отбор флюидов в процессе добычи является причиной уменьшения давления поровых флюидов, если сильный напор воды не может компенсировать это уменьшение; часто в результате этого продуктивные пласты уплотняются [6]. В качестве примера можно привести динамику изменения пластового давления месторождений Когалымского региона (Западная Сибирь). По результатам анализа этого показателя разработки, по мере эксплуатации (за последние 20 лет) наблюдается снижение пластовых давлений на 12–50 % (рисунок) в сравнении с начальными [1, 4].

Достаточно сложно строить прогнозы относительно снижения пластового давления, поскольку оно зависит от большого количества факторов, таких как состояние продуктивного горизонта до начала и во время разработки (физико-механическое состояние пласта, начальные пластовые давления и температуры и т.д.), пластового флюида (его состав и характеристики), режимы и системы разработки. Таким образом, на каждом месторождении снижение давлений будет происходить с различной интенсивностью. С точки зрения строительства скважин повлиять на это можно за счет применения щадящих технологий вскрытия продуктивного пласта.

Анализ современного состояния теории и практики первичного вскрытия продуктивных пластов с АНПД с применением облегченных буровых растворов (ПермНИПИнефть, КогалымНИПИнефть, НПО

«Бурение» и др.) позволил сделать вывод, что одним из наиболее перспективных направлений является применение газожидкостных смесей (ГЖС) для бурения скважин.

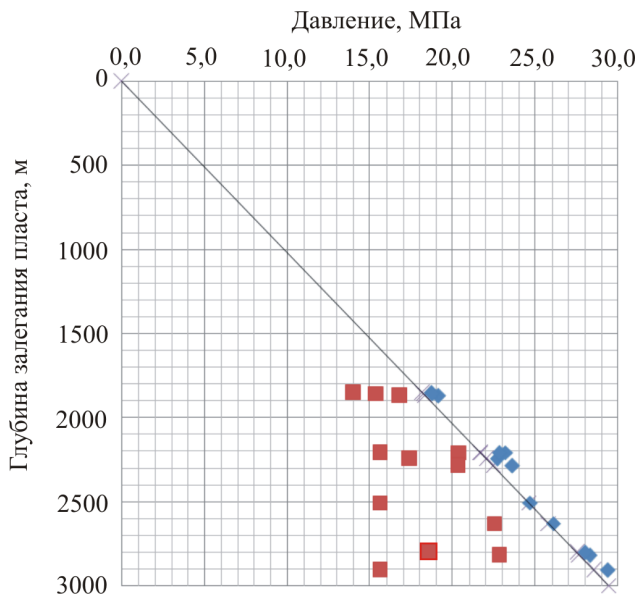


Рис. Динамика снижения пластовых давлений продуктивных горизонтов по мере эксплуатации месторождений Когалымского региона (Западная Сибирь): × гидростатическое давление, МПа; — давление пластовое начальное, МПа; ◆ давление пластовое на 01.03.2008 г., МПа; ■ линейная (гидростатическое давление, МПа)

В отечественной практике бурения с газожидкостными промывочными смесями [3] во многих случаях с успехом используются смеси анионоактивных и неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Некоторые амфотерные ПАВ, например, лаурил мурестил бетаин, кокоамидопропил бетаин и другие, в комплексе с анионными ПАВ и NaCl являются пеноусилителями и загустителями. Установлено, что смеси обладают более высокой выносной способностью, чем монореагентные ПАВ, за счет комплексного воздействия различных активных компонентов.

Обобщая требования к композициям ПАВ, можно сделать вывод о том, что рецептура пенореагента должна включать вспениватель и собиратель; органический полимер для повышения стабильности пены; реагент для повышения структуры смеси и её несущей способности; реагент для смягчения жесткости воды; гидрофобизирующий реагент [3].

Среди огромного количества реагентов, используемых в нефтегазовой промышленности, в качестве компонентов для пенообразующего реагента можно выделить следующие:

– в качестве *вспенивателей и собирателей* применяются, в основном, сульфонол, лаурил сульфат натрия, лаурет сульфат натрия, ОП-7, ОП-10 и др.;

– *стабилизаторами* являются сульфатцеллюлоза (СЭЦ), карбоксил-метилцеллюлоза (КМЦ), метилцеллюлоза (МЦ), сульфацил В и др.;

– *структурообразователи*: бентонит, гидроокись кальция, катапин-К;

– для *смягчения жесткости воды* используют каустическую соду, кальцинированную соду, гидрокарбонат натрия, гидроокись кальция, ортофосфат натрия;

– *гидрофобизирующей добавкой* являются катапин-К, гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости (ГКЖ), жидкость гидрофобизирующая «Основа ГС», синтал-БТ и др.

Разнообразие составов, свойств, областей и условий применения ПАВ делают их оценку весьма затруднительной. Наиболее четкими являются физико-химические критерии (адсорбция, краевой угол смачивания, поверхностная активность и др.). Однако особые трудности возникают при попытках использования этих критериев для оценки смесей ПАВ (в том числе и синтетических ПАВ промышленного производства). Тем не менее только эти критерии могут априорно охарактеризовать возможность использования определенных синтетических ПАВ в составе многофункциональных реагентов [5]. Также оцениваются пенообразующая способность (по Росс-Майлсу) и кинетика разрушения газожидкостной смеси по методике, приведенной в работе [2]. В данной работе полученные результаты сопоставляются с данными для монореагентного ПАВ.

Экспериментальные исследования проводились в межфакультетской лаборатории гидрогеохимии, на кафедре минералогии, кристаллографии и петрографии СПГГУ, в ЗАО «Химгортехнология» и во ВНИИжиров. Исследовался бинарный состав, состоящий из неионогенных пенообразователей: синтанола АЦСЭ-12 и Т-80, являющегося флотореагентом.

Ранее каждое из указанных поверхностно-активных веществ использовалось отдельно для получения газожидкостных промывочных смесей [2, 7]. По данным Э.А. Ахметшина и М.Р. Мавлютова,

реагент Т-80 улучшает смазывающие и противоизносные свойства очистного агента. Так, при бурении скважин с промывкой водой, содержащей пенообразователь Т-80 в количестве 0,8–1,2 %, отмечено снижение износа опор и вооружения шарошечных долот, а также рост механической скорости на 35 % и проходки на долото на 25 %. При необходимости ПАВ Т-80 может быть использовано в качестве противоморозной добавки.

Проведены исследования указанного выше бинарного состава ПАВ для получения газожидкостной промывочной смеси. Отдельные результаты исследований приведены в табл.1 и 2.

Бинарное ПАВ на основе АЦСЭ-12 (от 0,05 до 0,3 %) + Т-80 (от 0,1 до 0,5 %) рекомендуется применять для получения водопенных эмульсий и аэрированных жидкостей, а состоящее из АЦСЭ-12 (от 0,2 до 0,3 %) + Т-80 (от 0,5 до 0,7 %) – для аэрированных растворов и стабильных пен.

Таблица 1

Зависимость пенообразующей способности от концентрации ПАВ

ПАВ и их концентрация в растворе (%)	Пенообразующая способность ПАВ ( $\times 10^{-3}$ м) в воде разной жесткости (мг·экв/л)			
	Очень мягкая (1,5)	Мягкая (3,0)	Средне-жесткая (6,0)	Жесткая (9,0)
Сульфонол НП-1 (0,2)	161,3	160,1	–	–
Сульфонол НП-1 (0,5)	171,4	169,2	–	–
АЦСЭ-12 (0,2) + Т-80 (0,1)	161,9	160,5	160,1	159,0
АЦСЭ-12 (0,2) + Т-80 (0,3)	172,5	171,8	171,1	170,6
АЦСЭ-12 (0,2) + Т-80 (0,5)	184,1	183,6	182,9	182,4
АЦСЭ-12 (0,2) + Т-80 (0,7)	195,8	193,2	191,9	191,3
АЦСЭ-12 (0,3) + Т-80 (0,5)	200,5	200,2	200,0	199,7
АЦСЭ-12 (0,05) + Т-80 (0,5)	121,3	120,5	119,0	118,1

Предлагаемые бинарные смеси ПАВ (АЦСЭ-12 + Т-80), удовлетворяющие ранее установленным технологическим требованиям использования в разных технических и геологических условиях, охраны окружающей среды, обеспечивают получение качественных газожидкостных промывочных смесей, более эффективных по сравнению с широко применяемым в настоящее время сульфонолом НП-1.

Таблица 2

Кинетика разрушения газожидкостных промывочных смесей,  
полученных на пресной воде

ПАВ и их содержание (%)	Подъем пены ( $\times 10^{-3}$ м) за 30 с	Высота столба пены ( $\times 10^{-3}$ м) за время наблюдения, с					
		300	600	900	1200	1500	1800
Сульфанол НП-1 (0,2)	5,5	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,8
Сульфанол НП-1 (0,5)	7,0	7,0	6,9	6,8	6,7	6,7	6,5
АЦСЭ-12 (0,2) + Т-80 (0,1)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,3	7,1
АЦСЭ-12 (0,2) + Т-80 (0,7)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,7	7,7	7,6

Следует также отметить, что в качестве компонентов для раствора могут применяться и другие реагенты с подобными свойствами, ранее не использованные в нефтегазовой промышленности.

В связи с этим разработка составов газожидкостных промывочных жидкостей является актуальной. Для решения данной задачи необходимо регламентировать состав и свойства ГЖС, ПАВ, входящих в их состав, провести ряд исследований эффективности различных композиций ПАВ в условиях, аналогичных скважинным, а также произвести опытно-производственную проверку разработанных рекомендаций и оценку их экономической эффективности и экологической безопасности.

### Библиографический список

1. Бабушкин Э.В., Бакиров Д.Л. Разработка и опыт применения облегченных полыми микросферами буровых растворов на месторождениях Когалымского региона // Новые технологии и безопасность при бурении нефтяных и газовых скважин: матер. всерос. науч.-практ. конф. Уфа, 27–28 мая 2009 г. – Уфа, 2009.
2. Кудряшов Б.Б., Кирсанов А.И. Бурение скважин с применением воздуха. – М.: Недра, 1990. – 263 с.
3. Мураев Ю.Д. Газожидкостные системы в буровых работах / Санкт-Петербург. гос. горный ин-т (технический университет). – СПб., 2004. – 123 с.
4. Нефтяные и газовые месторождения СССР: справочник в двух книгах / под ред. С.П. Максимова. – М.: Недра, 1987.
5. Применение композиций ПАВ при эксплуатации скважин / Н.М. Шерстнев, Л.М. Гурвич, И.Г. Булина [и др.]. – М.: Недра, 1988. – 184 с.

6. Фертль У.Х. Аномальные пластовые давления: пер. с англ. – М.: Недра, 1980. – 398 с.

7. Яковлев А.А. Газожидкостные промывочные и тампонажные смеси (комплексная технология бурения и крепления скважин). – СПб.: Изд-во СПГГИ (ТУ), 2000. – 143 с.

### References

1. Babushkin E.V., Bakirov D.L. Development and experience with lightweight hollow microspheres mud in the fields of the region Kogalym // Advanced Technologies and safety in drilling oil and gas wells. – Ufa, 27–28 мая 2009.

2. Kudryashov B.B., Kirsanov A.I. Drilling of wells with air. – М.: Nedra, 1990, 263 p.

3. Muraev Yu.D. Gas-liquid systems in drilling operations. – Sankt-Peterburgi State mining institute (technical university). – SPb., 2004. – 123 p.

4. Oil and gas deposits of the USSR: A Guide in two books / S.P. Maksimova. – М.: Nedra, 1987.

5. The use of surfactant compositions in the operation of wells / N.M. Sherstnev, L.M. Gurvich, I.G. Bulina [et al.]. – М.: Nedra, 1988. – 184 p.

6. Fertl' U.H. Abnormal formation pressures: Trans. from eng. – М.: Nedra, 1980. – 398 p. – Netherlands, 1976.

7. Yakovlev A.A. Gas-liquid washing and grouting mixture (complex technology of drilling and well casing). SPb, SPGGI (TU), 2000. – 143 p.

### Об авторах

**Яковлев Андрей Арианович** (Санкт-Петербург, Россия) – профессор кафедры механики Санкт-Петербургского государственного горного университета (199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2; e-mail: andre\_a\_yakovlev@mail.ru).

**Турицына Мария Владимировна** (Санкт-Петербург, Россия) – аспирантка кафедры бурения скважин Санкт-Петербургского государственного горного университета (199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2; e-mail: turitsyna\_maria@mail.ru).

### **About the authors**

**Yakovlev Andrei Arianovich** (Saint-Petersburg, Russia) – professor, department of mechanics, Saint-Petersburg State Mining University (199106, St.-Petersburg, Vasilevsky island, 21 line, 2; e-mail: andre\_a\_yakovlev@mail.ru).

**Turitsyna Maria Vladimirovna** (Saint-Petersburg, Russia) – graduate, department of well-drilling, Saint-Petersburg State Mining University (199106, St.-Petersburg, Vasilevsky island, 21 line, 2; e-mail: turitsyna\_maria@mail.ru).

Получено 14.03.2012