

## ПОДБОР ПЕНООБРАЗУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН

Петров Н.А.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
email: napetroff@inbox.ru*

Давыдова И.Н.

*ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз»*

*Приведены результаты исследований пенных композиций с гидрофилизующими и гидрофобизирующими свойствами для терригенного (полимиктового) коллектора. Кроме того, изложены данные подбора пенных композиций на минерализованной воде для освоения скважин, склонных к гидратообразованиям. Изучен широкий спектр ПАВ (анионных, катионных, неионогенных) и наиболее доступных стабилизаторов.*

*Ключевые слова: пена, устойчивость пен, кратность пен, поверхностно-активное вещество, стабилизатор, солевой раствор, гидрофобизация, гидрофильные свойства, пластовая вода, гидратообразования.*

Эффективность работы скважин зависит от правильно выбранного режима вызова притока нефти и газа из пласта. В последнее время освоение скважин при помощи пенных систем приобретает все более актуальный характер на месторождениях Ноябрьской группы месторождений.

Сущность метода освоения скважин при помощи азрированных систем состоит в том, что для вызова притока жидкости из пласта забойное давление уменьшают путем постепенного снижения плотности столба жидкости в скважине при замене ее двухфазной или трехфазной пеной [1]. Так как плотность пены можно изменять в широких пределах, что достигается изменением степени аэрации, то вызов притока из пласта можно осуществлять плавно, не подвергая излишней деформации цементное кольцо и колонну. Кроме этого, освоение скважин при помощи пенных систем может повысить степень очистки призабойной зоны пласта (ПЗП) от глинистых частиц. Пенные композиции, используемые для освоения скважин, должны обладать следующими свойствами: во-первых, обеспечивать образование пены необходимой устойчивости, отвечающей условиям освоения и в тоже время необходимо, чтобы пена разрушалась в течение определен-

ного времени на поверхности с целью последующего создания новой пены и закачки ее в скважину.

Чтобы полностью удалить из ПЗП глинистые частицы и воду, попавшие в нее в процессе вскрытия пласта бурением и перфорацией, часто применяют многокомпонентную пену, которую до вызова притока из пласта непрерывно закачивают в призабойную зону до достижения давления на забое выше гидростатического. Подобные многокомпонентные композиции должны обеспечивать диспергирование и вынос глинистых частиц, не вызывая гидрофилизации продуктивного пласта.

К пенообразующим композициям, используемым в скважине с повышенным гидратообразованием, предъявляются особые требования: пены должны приготавливаться на минерализованной воде и обладать необходимой (по времени) устойчивостью.

В качестве пенообразователей, в основном, используют анионные ПАВ (АПАВ), которые, в основном, отвечают требованиям, предъявляемым к пенообразующим композициям, однако они чувствительны к ионам минеральных солей. Кроме того, данные композиции гидрофилизуют поверхности пор терригенного коллектора. Некоторые неионогенные ПАВ (НПАВ) проявляют гидрофобизирующие свойства в отношении кварцевого песка. Поэтому в настоящее время применяют совместно анионные и неионогенные ПАВ в составе солевых растворов, чтобы пусть частично, но придать гидрофобизирующие свойства композициям. Но следует учитывать, что НПАВ теряют свои свойства при температурах выше точки помутнения [2-3].

Для придания композициям заданной устойчивости применяют различные полимерные добавки, устойчивые к солевой агрессии.

Мы провели комплекс исследований по подбору аэрированных растворов с различным диапазоном плотностей, кратности и устойчивости пены с широким спектром ПАВ, выпускаемых промышленностью. В качестве пенообразователей были исследованы также катионные ПАВ (КПАВ).

Перечень химических реагентов, применяемых при подборе пенных композиций: СМС-700 – натриевая соль простого эфира целлюлозы и гликолевой кислоты – полимер фирмы MI Drilling Fluids (США), структурообразователь соле-

вых растворов, используется для увеличения устойчивости пенных систем; стекло натриево жидкое (ЖС) – применяется в качестве гелеобразователя; сульфонол СП (спиртовой раствор) – АПАВ; МЛ-80 – смесь анионного и неионогенного ПАВ; СМ-1 – смачиватель-АПАВ (синтерол АФМ-12 в солевом растворе); СНПХ-ПКД-515Н – смесь неионогенного и катионного ПАВ; ГИПХ-6Б и гидрофобизатор ИВВ-1 – КПАВ; Нефтенол ВВД (деэмульгатор) – НПАВ; Нефтенол ВП – АПАВ; СНПХ-7890 – НПАВ; неонол СНО-3Б – НПАВ.

Рассмотрим результаты получения и исследования пенообразующих композиций с гидрофилизующим эффектом. Использовали ПАВ, которые применялись или применяются в различных процессах бурения, добычи нефти и капитальном ремонте скважин (КРС). Исследования проводили на питьевой воде, 0,5-1 % растворе СМС-700, 1 % растворе КМЦ-1 (г. Нефтекамск), 1 % растворе СМС-700 с добавкой 2 % КС1, 1 % растворе КМЦ с добавкой 2% КС1.

Проводили также испытания с использованием в качестве водной фазы минерализованной сеноманской (пластовой) воды. Тип этой воды – хлоридно-натриевый, общая минерализация – 20,84 г/л, содержание натрия – 7,232 г/л, кальция – 0,512 г/л, магния – 0,151 г/л, калия – 0,057 г/л, гидрокарбонатов – 0,207 г/л. Применение пены на минерализованной воде позволит уменьшить негативное влияние пресного водного раствора на ПЗП, значительно удешевить операцию, исключив или значительно уменьшив применение хлористого калия.

Условия проведения опытов: ввод в водную фазу пенообразователя, перемешивание на высокоскоростной мешалке ( $5000 \text{ мин}^{-1}$ ) в течение 2 мин и замер параметров. В каждом случае проводили по 2 - 3 опыта, результаты усредняли. При этом определяли: пенообразующую способность композиции (кратность пены) и устойчивость пены  $S = 1/V_{\text{ср}}$ , с/см<sup>3</sup>, где  $V_{\text{ср}}$  – скорость выделения 50 % жидкости из пены, см<sup>3</sup>/с. Исходный объем жидкости составлял около 100 мл.

Полученные результаты приведены в таблицах 1 - 3. Наилучшие результаты на питьевой воде (по кратности пены и устойчивости) были получены с применением сульфонола, Нефтенол ВВД, СНО-3Б и СНПХ-7890. Использование 0,5 - 1 %-х растворов СМС-700 привело к уменьшению кратности пены, но позволило увеличить устойчивость пены в 5 - 9 раз.

Таблица 1

## Пенообразующие композиции на пресной воде

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $V = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
Вода питьевая + 1 % сульфонола	11,10	410	0,122	8,2
Вода + 1 % Нефтенол ВВД	4,00	319	0,157	6,4
Вода + 1 % СНО-3Б	7,90	296	0,169	5,9
Вода + 1 % СНПХ-7890	4,50	374	0,134	7,5
Вода + 1 % СНПХ-ПКД-515	3,90	267	0,187	5,3
Вода + 1 % Нефтенол НЗ	1,05	пена неустойчива		
Вода + 1 % Нефтенол ВП	1,40	пена неустойчива		
1 % р-р СМС-700 + 1 % сульфонола	3,05	1986	0,025	40,0
1 % р-р СМС-700 + 1 % Нефтенол ВВД	2,95	1807	0,027	37,0
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНО-3Б	3,40	2011	0,025	40,0
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНПХ-7890	2,90	2439	0,020	50,0
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНПХ-ПКД-515	1,40	время выделения жидкости отсечь невозможно, дисперсия белого цвета		
0,5 % р-р СМС-700+ 1 % сульфонола	4,40	1251	0,040	25,0
0,5 % р-р СМС-700 + 1 % Нефтенол ВВД	3,50	1136	0,044	22,7
0,5 % р-р СМС-700+ 1 % СНО-3Б	5,00	1013	0,049	20,4
0,5 % р-р СМС-700 + 1 % СНПХ-7890	4,00	1134	0,044	22,7
1 % р-р СМС-700 + 1 % сульфонола + 2 % KCl	2,30	283	0,177	5,6
1 % р-р СМС-700 + 1 % Нефтенол ВВД+ 2 % KCl	2,70	1410	0,035	28,6
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНО-3Б + 2 % KCl	3,70	2040	0,024	41,6
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНПХ-7890 + 2 % KCl	3,30	2172	0,023	43,5

Таблица 2  
Пенообразующие композиции на пластовой сеноманской воде

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
Вода сеноманская + 1 % Нефтенол ВВД	3,10	151	0,331	3,0
Вода + 1 % СНО-3Б	5,30	350	0,143	7,0
Вода + 1 % СНПХ-7890	3,60	302	0,165	6,1
Вода + 1 % сульфонола	2,70	63	0,794	1,2
1 % р-р СМС-700 + 1 % Нефтенол ВВД	2,50	787	0,063	15,9
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНО-3Б	3,25	1538	0,032	31,2
1 % р-р СМС-700 + 1 % СНПХ-7890	3,00	1552	0,032	31,2

Таблица 3  
Пенообразующие композиции на растворе КМЦ (г. Нефтекамск), приготовленные на пресной воде

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1 % р-р КМЦ + 1 % Нефтенол ВВД	2,6	803	0,062	16,1
1 % р-р КМЦ + 1 % СНО-3Б	3,2	1516	0,033	30,3
1 % р-р КМЦ + 1 % СНПХ-7890	3,1	1443	0,035	28,6
1 % р-р КМЦ + 1 % сульфонола	2,9	1699	0,029	34,5
1 % р-р КМЦ + 1 % Нефтенол ВВД + 2 % КСl	2,5	862	0,058	17,2
1 % р-р КМЦ + 1 % СНО-3Б + 2% КСl	3,3	1430	0 035	28 6
1 % р-р КМЦ + 1 % СНПХ-7890 + 2 % КСl	3,0	1390	0,036	27,8
1 % р-р КМЦ + 1 % сульфонола + 2 % КСl	1,8	46	1,08	0,92

Для приготовления пенообразующей композиции на пресной воде можно рекомендовать следующие составы: 0,5 - 1,0 %-й раствор СМС-700 + 1 % сульфанола (или СНО-3Б, или СНПХ-7890 или Нефтенол ВВД).

Для приготовления композиций, содержащей добавку хлористого калия (с целью уменьшения негативного влияния водной фазы на ПЗП) рекомендуются следующие составы: 1,0 %-й раствор СМС-700 (или КМЦ, г. Нефтекамск) + 1 % СНПХ-7890 (или СНО-3Б или нефтенол ВВД) + 2 % КСl (в сухом виде).

Технология приготовления пенообразующих составов следующая. В пресную воду добавляют СМС-700 при перемешивании (для полного растворения необходимо 2,0-2,5 ч). В приготовленный раствор добавляют хлористый калий и после полного растворения рекомендуемый ПАВ в товарной форме.

Для приготовления композиции на минерализованной (сеноманской) воде рекомендуются следующие составы: 1 %-й раствор СМС-700 на сеноманской воде + 1 % СНО-3Б или СНПХ-7890.

Рассмотрим результаты получения пен с гидрофобизирующими свойствами. В качестве пенообразователей испытывали КПАВ (ГИПХ-6Б и ИВВ-1) и их композиции с НПАВ (СНПХ-7890 и СНО-3Б). В качестве стабилизатора использовали реагент СМС-700. Результаты экспериментов приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

## Пенообразующая способность КПАВ и композиций

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50% жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50% жидк. из пены, $V_{ср}$ , см <sup>3</sup> /с	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , с/см <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
1 % ГИПХ-6Б на 1 % р-ре СМС-700	5,3	2350	0,0213	46,5
1 % ГИПХ-6Б на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	4,6	3920	0,0127	78,7
1 % ГИПХ-6Б на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде	4,8	3354	0,0149	67,1
1 % ИВВ-1 на 1 % р-ре СМС-700	4,4	1286	0,0389	25,7
1 % ИВВ-1 на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	3,7	2712	0,0184	54,3

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50% жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , см <sup>3</sup> /с	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , с/см <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
1 % ИВВ-1 на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде	5,1	1387	0,0360	27,8
1 % смеси А на пресной воде	3,8	265	0,1890	5,3
1 % смеси А на 1 % р-ре СМС-700	3,1	1868	0,0268	37,3
1 % смеси А на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	3,2	2027	0,0247	40,5
1 % смеси А на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде	3,2	1812	0,0276	36,2
1 % смеси Б на пресной воде	4,2	355	0,1408	7,1
1 % смеси Б на 1 % р-ре СМС-700	3,2	2069	0,0242	41,3
1 % смеси Б на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	3,0	2088	0,0239	41,8
1 % смеси Б на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде	3,2	1862	0,0268	37,3
1 % смеси В на пресной воде	5,0	481	0,1039	9,6
1 % смеси В на 1 % растворе СМС-700	3,2	2425	0,0206	48,5
1 % смеси В на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	3,7	1800	0,0278	35,9
1 % смеси В на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде	3,1	1770	0,0282	35,5
1 % смеси Г на пресной воде	6,5	508	0,0984	10,2
1 % смеси Г на 1 % р-ре СМС-700	3,7	1964	0,0254	39,4
1 % смеси Г на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	3,7	1835	0,0272	36,8
1 % смеси Г на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде	3,3	1825	0,0274	36,5

Примечание - Смесь А - ГИПХ-6Б:СНПХ-7890 (0,5:10); смесь Б – ИВВ-1:СНПХ-7890 (0,5:10); смесь В – ГИПХ-6Б:СНО-3Б (0,5:10); смесь Г – ИВВ-1:СНО-3Б (0,5:10)

Таблица 5  
Пенообразующая способность КПАВ на минерализованных растворах

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $V = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
1 % ГИПХ-6Б на 1 % СМС-700 на сеноманской воде $\rho = 1014 \text{ кг/см}^3$	4,85	3354	0,0149	67,1
1 % ГИПХ-6Б на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1021 \text{ кг/м}^3$	3,00	2654	0,0188	53,2
1 % ГИПХ-6Б на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$	1,45	315	0,1587	6,3
1 % ГИПХ-6Б на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$	1,07	-	-	-
1 % ГИПХ-6Б на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1082 \text{ кг/м}^3$	1,00	-	-	-
1 % ГИПХ-6Б на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1111 \text{ кг/м}^3$	1,00	-	-	-
1 % ГИПХ-6 на 1 % СМС-700 на сеноманской воде $\rho = 1014 \text{ кг/м}^3$	2,60	1422	0,0352	28,4
1 % ГИПХ-6 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1021 \text{ кг/см}^3$	1,35	120	0,4160	2,4
1 % ГИПХ-6 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$	1,05	-	-	-
1 % ГИПХ-6 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$	1,00	-	-	-
1 % ГИПХ-6 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1082 \text{ кг/см}^3$	1,00	-	-	-
1 % ГИПХ-6 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $\rho = 1111 \text{ кг/см}^3$	1,00	-	-	-
1 % ИВВ-1 на 1 % СМС-700 на сеноманской воде $\rho = 1014 \text{ кг/м}^3$	5,10	1378	0,0360	27,8



Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $V = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
1 % ИВВ-1 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1021$ $кг/м^3$	3,60	946	0,0530	18,8
1 % ИВВ-1 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1040$ $кг/м^3$	3,10	1129	0,0423	23,6
1 % ИВВ-1 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1060$ $кг/м^3$	1,80	66	0,7540	1,3
1 % ИВВ-1 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1111$ $кг/м^3$	1,70	38	-	-

Кратность полученных пен находилась в интервале от 5,1 до 3,0. Пены были достаточно устойчивы, но имели ограничения по минерализации водной фазы, т.к. реагент ГИПХ-6Б можно использовать на солевом растворе (хлористый натрий) с плотностью не более  $1020$   $кг/м^3$ , а ИВВ-1 –  $1040$   $кг/м^3$ . Хорошие, устойчивые пены (устойчивость от 79 до 36  $с/см^3$ ) получились на сеноманской воде и на технической воде с добавкой 2 % KCl. Можно применить композиции КПАВ +НПАВ в соотношении 0,5:10 с учетом необходимой дозировки катионоактивных соединений. Использование на практике пенообразующих композиций с гидрофобизирующим действием позволит более качественно осваивать нефтяные скважины, существенно снизить негативное действие водной фазы на призабойную зону (в случае потери устойчивости пены) и уменьшить возможность образования эмульсий.

Рассмотрим результаты подбора ПАВ-пенообразователей для минерализованных сред. Данная работа была проделана с целью поиска композиций для освоения скважин, склонных к гидратообразованиям. В качестве пенообразователя использовали реагенты МЛ-80, МЛ-80Б и СМ-1. В качестве минерализованной среды использовали растворы хлористого натрия с плотностью  $1020 - 1110$   $кг/м^3$  и в качестве стабилизатора – СМС-700. Так же испытывали новые композиции, содержащие 1 - 2 %  $CaCl_2$  и 5 - 10 % жидкого стекла. Полученные результаты приведены в таблицах 6 - 8.

Таблица 6

## Пенообразующая способность реагента МЛ-80 Б в различных средах

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B=V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
1 % МЛ-80 на техводе	2,80	184	0,2720	3,7
1% МЛ-80 на 1% СМС-700	2,30	1020	0,0490	20,4
1 % МЛ-80 на 1 % р-ре СМС-700 + 2 % КСl	2,20	762	0,0660	15,0
1 % МЛ-80 на сеноманской воде	2,4	228	0,2190	4,6
1 % МЛ-80 на р-ре NaCl $c \rho = 1022 \text{ кг/м}^3$	2,40	111	0,4500	2,2
1 % МЛ-80 на р-ре NaCl $c \rho = 1041 \text{ кг/м}^3$	2,40	113	0,4420	2,3
1 % МЛ-80 на р-ре NaCl $c \rho = 1057 \text{ кг/м}^3$	2,20	102	0,4900	2,0
1 % МЛ-80 на р-ре NaCl $c \rho = 1082 \text{ кг/м}^3$	2,20	103	0,4850	2,0
1 % МЛ-80 на р-ре NaCl $c \rho = 1111 \text{ кг/м}^3$	2,20	102	0,4900	2,0
1 % МЛ-80 на 1 % р-ре СМС-700 на сеноманской воде $c \rho = 1014 \text{ кг/м}^3$	2,10	492	0,1016	9,8
1 % МЛ-80 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $c \rho = 1021 \text{ кг/м}^3$	2,00	665	0,0752	13,3
1 % МЛ-80 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $c \rho = 1040 \text{ кг/м}^3$	2,00	585	0,0854	11,7
1 % МЛ-80 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $c \rho = 1060 \text{ кг/м}^3$	2,20	467	0,108	9,3
1 % МЛ-80 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $c \rho = 1082 \text{ кг/м}^3$	2,35	552	0,0906	11,0
1 % МЛ-80 на 1 % СМС-700 на р-ре NaCl $c \rho = 1111 \text{ кг/м}^3$	2,20	556	0,0899	11,1
Вода + 1 % CaCl <sub>2</sub> + 1 % МЛ-80 + 5 % жидкого стекла	2,03	за 3 мин система разрушилась		
Вода + 5 % CaCl <sub>2</sub> + 1 % МЛ-80 + 5 % жидкого стекла	1,78	за 10 мин система разрушилась		
Вода + 1 % CaCl <sub>2</sub> + 1 % МЛ-80 + 10 % жидкого стекла	1,39	более 2 ч	-	-

Таблица 7  
Пенообразующая способность реагента МЛ-80Б в разных композициях

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср.}, с$	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср.}, см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср.}, с/см^3$
Техвода + 1 % МЛ-80Б	3,76	326	0,15	6,67
1 % СМС-700 на техводе + 1 % МЛ-80Б	2,77	1340	0,038	26,32
1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1020$ кг/м <sup>3</sup> + 1 % МЛ-80Б	2,48	500	0,104	9,62
1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1042$ кг/м <sup>3</sup>	1,88	323	0,155	6,46(*)
1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1060$ кг/м <sup>3</sup>	1,49	190	0,263	3,80(*)
1 % СМС-700 на р-ре NaCl с $\rho = 1108$ кг/м <sup>3</sup>	1,39	90 % жидкости выделялось на первых секундах отстаивания		
Вода + 1 % CaCl <sub>2</sub> + 1 % МЛ-80Б + 5 % жидкого стекла	1,68	> 2ч	0,0089	112,40
Вода + 2 % CaCl <sub>2</sub> + 1 % МЛ-80Б + 10 % жидкого стекла	1,49	> 2ч	0,0041	243,90

Примечание - (\*) – выделяющаяся жидкость мутная, содержит коллоидную взвесь

Таблица 8  
Пенообразующая способность реагента СМ-1 в разных композициях

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср.}, с$	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср.}, см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср.}, с/см^3$
1	2	3	4	5
Водный раствор NaCl ( $\rho = 1040$ кг/м <sup>3</sup> ) + 0,1 % СМ-1	2,70	129	0,390	2,58
В/р NaCl ( $\rho = 1040$ кг/м <sup>3</sup> ) + 0,3 % СМ-1	6,58	352	0,140	7,04
В/р NaCl ( $\rho = 1040$ кг/м <sup>3</sup> ) + 0,5 % СМ-1	6,97	386	0,130	7,72
В/р NaCl ( $\rho = 1040$ кг/м <sup>3</sup> ) + 1 % СМ-1	7,43	390	0,128	7,80

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
В/р NaCl ( $\rho = 1060$ кг/ $м^3$ ) + 0,3 % СМ-1	3,69	166	0,301	3,32
В/р NaCl ( $\rho = 1060$ кг/ $м^3$ ) + 0,5 % СМ-1	4,68	390	0,128	7,80
В/р NaCl ( $\rho = 1060$ кг/ $м^3$ ) + 1 % СМ-1	7,72	400	0,125	8,00
В/р NaCl ( $\rho = 1060$ кг/ $м^3$ ) + 2 % СМ-1	7,65	420	0,119	8,40
В/р NaCl ( $\rho = 1108$ кг/ $м^3$ ) + 0,5 % СМ-1	2,49	43	1,160	0,86
В/р NaCl ( $\rho = 1108$ кг/ $м^3$ ) + 1 % СМ-1	4,46	390	0,128	7,80
В/р NaCl ( $\rho = 1108$ кг/ $м^3$ ) + 2 % СМ-1	7,84	475	0,105	9,50
В/р NaCl ( $\rho = 1108$ кг/ $м^3$ ) + 3 % СМ-1	7,86	480	0,104	9,60
1% СМС-700 на техводе + 0,1 % СМ-1	2,30	874	0,057	17,48
1% СМС-700 на техводе + 0,3 % СМ-1	3,09	1932	0,026	38,64
1 % СМС-700 на техводе + 0,5 % СМ-1	3,73	1936	0,026	38,72
1 % СМС-700 на техводе + 1 % СМ-1	3,36	1940	0,025	38,8
1 % СМС-700 на техводе + 3 % СМ-1	5,05	1932	0,026	38,64
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1040$ кг/ $м^3$ ) + 0,3 % СМ-1	3,69	1561	0,032	31,22
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1040$ кг/ $м^3$ ) + 0,5 % СМ-1	4,48	1580	0,032	31,60
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1040$ кг/ $м^3$ ) + 1 % СМ-1	5,15	1600	0,031	32,00
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1040$ кг/ $м^3$ ) + 2 % СМ-1	6,47	1345	0,037	26,90
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1060$ кг/ $м^3$ ) + 0,3 % СМ-1	3,60	1500	0,033	30,00
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1060$ кг/ $м^3$ ) + 0,5 % СМ-1	4,48	1660	0,030	33,20
1 % СМС-700 на р-ре	4,85	1681	0,0297	33,62

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
NaCl ( $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$ ) + 1 % СМ-1				
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$ ) + 2 % СМ-1	5,59	1260	0,0397	25,20
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$ ) + 0,3 % СМ-1 + 1 % Нефтенол ВВД	3, 16	1500	0,033	30,30
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$ ) 0,5 % СМ-1 + 1 % Нефтенол ВВД	4,04	1500	0,033	30,30
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 0,3 % СМ-1	2,29	112	0,446	2,24
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 0,5 % СМ-1	3,28	1280	0,039	25,60
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 1 % СМ-1	3,76	1320	0,038	26,40
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 2 % СМ-1	5,00	1203	0,042	24,00
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 0,1 % СМ-1 + 0,5 % Нефтенол ВВД	2,49	480	0,104	9,62
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 0,5 % СМ-1 + 0,5 % нефтенол ВВД	3,96	1500	0,033	30,30
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 1 % СМ-1 + 5 % жидкого стекла (плотность композиции $1035 \text{ кг/м}^3$ )	6,19	4140	0,0121	82,65
Вода + 5 % $CaCl_2$ + 1 % СМ-1 + 5 % жидкого стекла (плотность композиции $1100 \text{ кг/м}^3$ )	3,81	> 5 ч	-	-
Вода + 5 % $CaCl_2$ + 0,5 % СМ-1 + 5 % жидкого стекла	2,39	> 2 ч	-	-

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
Вода + 5 % $CaCl_2$ + 0,2 % СМ-1 + 5 % жидкого стекла	1,75	за 10 мин система коагулирует		
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 1 % СМ-1 + 10 % жидкого стекла (плотность композиции 1058 $кг/м^3$ )	5,94	> 2 ч	-	-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 0,5 % СМ-1 + 10 % жидкого стекла (плотность композиции 1078 $кг/м^3$ )	5,27	> 2 ч	-	-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 1 % СМ-1 + 10 % жидкого стекла	5,94	> 2 ч	-	-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 1 % СМ-1 + 10 % жидкого стекла + 0,3 % Т-80	5,92	> 2 ч	-	-

По результатам исследований можно сделать следующее заключение. Пенные системы, содержащие МЛ-80, обладая небольшой кратностью, тем не менее достаточно устойчивы при минерализации водной фазы от 1020 до 1110  $кг/м^3$ . Реагент МЛ-80Б при тех же условиях приводит к созданию композиции с еще меньшей кратностью пены и менее стойкой в солевых растворах с плотностью 1060  $кг/м^3$  и выше. Применение реагентов МЛ-80 и МЛ-80Б в композициях с жидким стеклом нерентабельно из-за малой кратности пен. С реагентом СМ-1 получена широкая гамма композиций с заданными свойствами, причем оптимальная добавка реагента в композициях без стабилизатора изменяется в зависимости от минерализации водной фазы. Так при плотности 1040  $кг/м^3$  возможна добавка 0,3 % (и выше) реагента, при плотности 1060  $кг/м^3$  – не менее 0,5 %, при плотности 1108  $кг/м^3$  – не менее 1 %. При применении стабилизатора СМС-700 несколько уменьшилась кратность пены, но в 4 - 5 раз увеличилась устойчивость, причем увеличение количества СМ-1 в большей степени повлияло на кратность пен. В ряде опытов увеличение добавки пенообразователя СМ-1 в количестве 2 % и

более уменьшилась устойчивость пен. Пользуясь данными таблиц можно подобрать композицию с заданными свойствами. Реагент СМ-1 может образовывать сверхпрочные пены в композициях с хлористым кальцием и жидким стеклом.

Рекомендуется следующая технология приготовления пенных композиций на минерализованной основе. Приготавливают солевой раствор необходимой плотности, добавляют рассчитанное количество ПАВ (без интенсивного перемешивания). Готовую пенообразующую композицию закачивают через эжектор с замером расхода жидкости и воздуха. Во втором варианте со стабилизатором в готовый солевой раствор, подогретый до 35 - 40 °С, вводится при перемешивании 1 % СМС-700. Раствор перемешивают в течение 4 - 6 ч до полного растворения СМС-700. Далее вводится рассчитанный объем ПАВ при постоянном, но неинтенсивном перемешивании в течение 0,5 - 1,0 ч. Готовая пенообразующая композиция закачивается через эжектор с замером расхода жидкости и воздуха.

На основании проведенных исследований была составлена «Инструкция по освоению скважин пенными системами», включающая химические реагенты и технологии приготовления гидрофилизирующих и гидрофобизирующих пен на пресной и сеноманской воде, композиции и технологию приготовления пен на солевых растворах для скважин, склонных к гидратообразованию. Согласно инструкции, были проведены опытно-методические работы по внедрению технологии освоения скважин пенными системами на скв. 371 Средне-Итурского месторождения (09.09.97 г.) и скв. 583 Умсейского месторождения (31.10.97 г.). Промысловые исследования признаны успешными.

### **Рекомендуемые составы и технологии приготовления композиций**

На технической воде: гидрофильные пены – 1 % стабилизатора КМЦ-600 или СМС-700 + 1 % пенообразователя Нефтенол ВВД или СНО - 3Б или СНПХ-7890 или сульфонол + 2 %КСl (в сухом виде); гидрофобные пены – 1 % стабилизатора КМЦ-600 или СМС-700 + 1 % пенообразователя ИВВ-1 или ГИПХ-6Б или композиции в соотношении 0,5 : 10: ГИПХ-6Б:СНПХ-7890, ГИПХ-6Б: СНО-3Б, ИВВ-1:СНПХ-7890, ИВВ-1: СНО-3Б + 2 %КСl (в сухом виде).

Технология приготовления: - в пресную воду добавляют при постоянном перемешивании стабилизатор (желательно воду нагреть до 40 - 45 °С), процесс

полного растворения 2,0 - 2,5 ч; - в приготовленный раствор стабилизатора добавляют 2 % КСl в сухом виде при перемешивании и после полного растворения рассчитанный объем необходимого ПАВ, причем перемешивать желательнее медленно (избегая пенообразования) в течение 20-30 мин.

На сеноманской воде: гидрофильные пены – 1 % стабилизатора СМС-700 + пенообразователя Нефтенол ВВД или СНО-3Б или СНПХ-7890; гидрофобные пены – 1 % стабилизатора СМС-700 + 1 % пенообразователя ИВВ-1 или ГИПХ-6Б или композиции в соотношении 0,5 : 10 : ГИПХ-6Б : СНПХ-7890, ГИПХ-6Б: СНО-3Б, ИВВ-1: СНПХ-7890, ИВВ-1: СНО-3Б.

Технология приготовления: - в сеноманскую воду, нагретую до 40 - 45 °С при постоянном перемешивании добавляют СМС-700 (высыпать медленно, не допуская образования комков), процесс полного растворения при постоянном перемешивании составляет 6 - 7 ч; - в приготовленный раствор стабилизатора добавляют при перемешивании в течение 20 - 30 мин рассчитанный объем необходимого ПАВ.

Пенообразующие композиции на минерализованной основе для освоения скважин, склонных к гидратообразованиям: на растворах хлористого натрия с плотностью до 1020 кг/м<sup>3</sup> – 1 % стабилизатора СМС-700 + 1 % пенообразователя ГИПХ-6Б или ИВВ-1 или МЛ-80 или МЛ-80Б или СМ-1; на растворах хлористого натрия с плотностью до 1110 кг/м<sup>3</sup> – 1 % стабилизатора СМС-700 + 1 % пенообразователя СМ-1 или МЛ-80.

Технология приготовления: - готовится раствор хлористого натрия необходимой плотности; в готовый солевой раствор, нагретый до 40 - 45 °С при постоянном перемешивании добавляют СМС-700 (высыпать медленно, не допуская образования комков), процесс полного растворения при постоянном перемешивании составляет 6 - 8 ч; - в приготовленный раствор стабилизатора добавляют при перемешивании рассчитанный объем необходимого ПАВ (перемешивать медленно, избегая пенообразования) в течение 20 - 30 мин.

Рассмотрим получение стойких многокомпонентных пен на основе силиката натрия и хлористого кальция.

В публикации [1] описаны работы по ограничению притока воды и интенсификации добычи нефти многокомпонентной пеной. Технология ограничения



притока вод и интенсификации добычи нефти многокомпонентной пеной на основе силиката натрия и хлористого кальция разработана для месторождений, вступивших в позднюю стадию разработки. Так промысловые исследования, проведенные на месторождениях Татнефть, свидетельствуют о декольматации малопроницаемых продуктивных пластов и прослоев от асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) и глинистых частиц и тем самым появляется возможность дополнительного извлечения нефти из пластов и прослоев, ранее не принимавших участие в работе скважин.

При выборе скважин для закачки многокомпонентной пены важными являются следующие параметры: начальная и текущая нефтенасыщенная мощность пласта; неоднородность пласта по проницаемости; высокая продуктивность пласта при степени обводненности продукции скважины не ниже 95 - 99 %; приемистость скважины должна обеспечить закачку пены в пласт и быть не менее 200 м<sup>3</sup>/сут при P = 9 - 10 МПа.

Нецелесообразно проводить работы на тех скважинах, где запасы вырабатываются по всей толщине пласта в результате вытеснения нефти нагнетаемой и пластовыми водами.

Так как во время работы с реагентами МЛ-80 и МЛ-80Б, СМ-1 при использовании в составе композиции силиката натрия и хлористого кальция были получены устойчивые пены, повторно проверили несколько ПАВ в подобных композициях (таблицы 9-12).

По результатам исследований можно выбрать большое количество композиций на основе жидкого стекла с добавкой хлористого кальция с устойчивостью пены от 200 до 350 с/см<sup>3</sup>. Хорошие композиции с этой основой получены с добавкой таких ПАВ, как неонол СНО-3Б (смеси неонола с сульфонолом, неонола с ИВВ-1, неонола с СМ-1 и др.), Нефтенол ВВД (смеси Нефтенол ВВД с сульфонолом, неонолом СНО-3Б, СМ-1). Наиболее устойчивые композиций испытывались при 40 и 60 °С. Испытания проводили следующим образом. Пенообразующую композицию нагревали до заданной температуры, перемешивали на миксере в течение 2 мин. Композицию заливали в нагретый цилиндр, помещенный в суховоздушный термостат со стеклянной дверцей, что позволяло наблюдать за скоростью выделения жидкой фазы.

Таблица 9  
Пенообразующая способность реагента неонол СНО-3Б в разных композициях

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
Техвода + 1 % СНО-3Б	7,82	295	0,170	5,88
1 % СМС-700 на техводе + 1 % СНО-3Б	3,37	2011	0,025	40,00
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % жидкого стекла (ЖС) + 0,3 % СНО-3Б	2,34	110	0,45	2,22
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 0,5 % СНО-3Б	2,49	342	0,146	6,85
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 1,0 % СНО-3Б	3,17	3645	0,008	125
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,3 % СНО-3Б	1,70	7200	0,0029	345
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,5 % СНО-3Б	1,99	200	0,0032	312
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 1 % СНО-3Б	2,48	7200	0,0049	204

Таблица 10  
Пенообразующая способность реагента сульфенол СП (спиртовой) в разных композициях

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
Техвода + 1 % сульфенола СП	9,06	603	0,79	1,27
1 % СМС-700 на техводе + 1 % сульфенола СП	3,37	1938	0,026	38,46
1 % СМС-700 на р-ре $NaCl$ ( $\rho = 1020$ $кг/м^3$ ) + 1 % сульфенола СП	1,39	мгновенное выделение жидкости из пены, на первых секундах отстоя		
1 % СМС-700 на р-ре $NaCl$ ( $\rho = 1042$ $кг/м^3$ ) + 1 % сульфенола СП	1,29	то же	-	
1 % СМС-700 на р-ре $NaCl$ ( $\rho = 1060$ $кг/м^3$ ) + 1 % сульфенола СП	1,29	то же	-	

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
1 % СМС-700 на р-ре NaCl ( $\rho = 1108 \text{ кг/м}^3$ ) + 1 % сульфанола СП	1,29	то же	-	
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 0,3 % сульфанола СП	1,80	за 2 мин образовалось 2 фазы, внизу – жидкость с коллоидной взвесью, сверху – пена		
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 0,5 % сульфанола СП	1,79	то же	-	
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % СП + 1 % сульфанола СП	3,07	3628	0,0095	105,26
Вода + 5 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 0,5 % сульфанола СП	1,39	за 5 мин система распадается на жидкость и коллоидную фазу		
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 1 % сульфанола СП	1,34	>2ч	-	-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,3 % сульфанола СП	1,10	система остается без изменения в течение 6 ч		
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,5 % сульфанола СП	1,29	то же		-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 1 % сульфанола СП	1,34	>2ч	-	-

Таблица 11

Композиции на минерализованной основе, содержащие в качестве стабилизатора жидкое стекло с разными пенообразователями

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $B = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 0,2 % ИВВ-1	1,00	-	-	-
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 0,5 % ИВВ-1	1,19	за 10 мин неравномерно коагулирует		
Вода + 1 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 1 % ИВВ-1	1,29	то же	-	

Состав пенообразующей композиции	Кратность пены, $V = V_{пр}/V_{ж}$	Время выделения 50 % жидк. из пены, $t_{ср}$ , с	Скорость выделения 50 % жидк. из пены, $V_{ср}$ , $см^3/с$	Устойчивость пены, $1/V_{ср}$ , $с/см^3$
1	2	3	4	5
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,5 % ИВВ-1	1,29	> 2ч, но 50 % жидкости не выделилось даже через 12 ч		
Вода + 5 % $CaCl_2$ + 5 % ЖС + 1 % СНПХ-ПКД-515Н	1,00	-	-	-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,5 % СНПХ-ПКД-515Н	1,00	-	-	-
Вода + 2 % $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 1 % СНПХ-ПКД-515Н	1,00	-	-	-
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10% ЖС + 3% СНПХ-ПКД-515Н	1,00	-	-	-
Техвода + 1% Т-80	1,00	-	-	-
1% СМС-700 на техводе + 1% Т-80	1,08	100% жидкости выделяется сразу		
Вода + 1% $CaCl_2$ + 5% ЖС + 1% Т-80	1,00	-	-	-
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10% ЖС + 1% Т-80	1,00	-	-	-
Композиции ЛУБ-167 с техводой; 1% СМС-700 на техводе, с 2% $CaCl_2$ и 10% ЖС, с 1% $CaCl_2$ и 5% ЖС	1,00	-	-	-
Вода + 1% $CaCl_2$ + 5% ЖС + 0,3% Нефтенол ВВД	1,60	50	быстрое расслоение, внизу – коллоидная фаза	
Вода + 1% $CaCl_2$ + 5% ЖС + 0,5% Нефтенол ВВД	1,99	60	то же	
Вода + 1% $CaCl_2$ + 5% ЖС + 1% Нефтенол ВВД	2,37	175	0,286	3,50
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10% ЖС + 0,3% Нефтенол ВВД	1,40	> 2 ч	-	-
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,5% Нефтенол ВВД	1,54	> 2 ч	-	-
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10% ЖС + 1% Нефтенол ВВД	1,68	> 2 ч	-	-
Вода + 5% $CaCl_2$ + 5% ЖС + 1% Нефтенол ВВД	2,13	300	0,17	5,88
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10 % ЖС + 0,5% Нефтенол ВВД + 0,5% сульфонола СП	1,49	граница «пена-жидкость» появилась сразу же на отметке 100 мл		
Вода + 2% $CaCl_2$ + 10% ЖС + 0,5% нефтенолола ВВД + 1% сульфонола СП	1,48	то же	-	

Таблица 12

Изменение кратности и устойчивости пен разных композиции  
на воде при изменении температуры

Состав композиции	Кратность пены			Скорость выделения жидкой фазы, см <sup>3</sup> /с			Устойчивость пены, с/см <sup>3</sup>		
	20 ° С	40 ° С	60 ° С	25 ° С	40 °С	60 ° С	25 ° С	40 ° С	60 °С
1. 2% CaCl <sub>2</sub> + 10% ЖС + 1% СНО-3Б	2,48	3,37	3,47	0,00 49	0,003 6	0,00 51	204	277	196
2. 2% CaCl <sub>2</sub> + 10%ЖС + 0,5% СНО-3Б	1,99	2,49	2,49	0,00 28	0,003 0	0,00 46	357	333	217
3. п.1+ 1%сульфонол СП	3,43	3,92	3,92	0,00 44	0,004 3	0,00 61	272	232	164
4. п.1+ 0,3% ИВВ-1	2,86	3,26	3,65	0,00 39	0,003 7	0,00 49	256	270	204
5. п.1+ 0,5% СМ-1	3,65	5,91	5,91	0,00 47	0,004 6	0,00 51	213	217	196
6. п.1+ 1% МЛ-80Б	2,55	2,75	3,04	0,00 30	0,004 4	0,00 49	333	272	204
7. п.2+ 0,5% СМ-1	3,17	4,16	5,64	0,00 49	0,004 7	0,00 49	204	213	204
8. 2% CaCl <sub>2</sub> + 10%ЖС +1% Нефтенол ВВД	1,68	1,58	1,98	0,00 30	0,003 0	0,00 32	333	333	312
9. 2% CaCl <sub>2</sub> + 10%ЖС +2% Нефтенол ВВД	1,98	2,46	2,45	0,00 36	0,003 6	0,00 35	277	277	277
10. 2% CaCl <sub>2</sub> +10%ЖС +0,5%Нефтенол ВВД +1%сульфонола СП	1,48	2,22	1,58	0,00 35	0,003 5	0,00 27	236	286	370
11. п.8+1%СНО-3Б	2,94	3,53	3,43	0,00 36	0,003 9	0,00 56	277	256	179
12. п.8 + 0,3% СМ-1	2,57	3,36	4,05	0,00 40	0,005 3	0,00 56	250	187	179
13. 2 % CaCl <sub>2</sub> + 10 %ЖС + 0,5 %Нефтенол ВВД + 0,3 % СМ-1	2,87	3,37	3,67	0,00 44	0,003 9	0,00 51	272	256	196
14. 2 % CaCl <sub>2</sub> +10 %ЖС +0,5 % СМ-1	5,27	5,87	6,17	0,00 51	0,005 1	0,00 65	196	196	153
15. 2 % CaCl <sub>2</sub> +10 %ЖС +1 % сульфонола СП	1,34	1,49	1,98	0,00 39	0,003 9	0,00 42	256	256	238

По результатам исследований (табл. 9) можно отметить практически во всех опытах увеличение кратности пены при повышении температуры от 25 до 60 °С и некоторое снижение устойчивости. Однако и при 60 °С пены остаются очень стабильными. Представляет интерес композиция, содержащая кроме неионогенного ПАВ – СНО-3Б, катионный ПАВ – ИВВ-1.

Рекомендуемая последовательность приготовления пенообразующей композиции:

— к 1 м<sup>3</sup> пресной воды при перемешивании добавляют 20 кг сухого хлористого кальция и перемешивают до полного растворения;

— в раствор хлористого кальция при перемешивании постепенно вводят 0,1 м<sup>3</sup> жидкого стекла. Перемешивание продолжают 30-60 мин;

— после достижения однородности композиции к ней добавляют необходимое количество ПАВ продолжают перемешивание в течение 20-30 мин.

Таким образом, из большого количества представленных результатов исследований можно подобрать композицию, отвечающую необходимым требованиям. Успешность применения на практике некоторых составов уже подтверждена.

### Литература

1. Амиян В.А., Васильева Н.П. Вскрытие и освоение нефтегазовых пластов. М.: Недра, 1972. 102 с.

2. Петров Н.А., Юрьев В.М., Селезнев А.Г. Стабильные пенообразующие композиции для нефтегазодобывающей промышленности. М., 1995. 44 с. (Обзор.-информ. / ВНИИОЭНГ).

3. Яненко В.И., Крезуб А.П., Дегтярева Л.Н. Применение синтетических ПАВ в качестве добавки к буровым растворам при вскрытии продуктивных пластов. М., 1987. 48 с. (Бурение: обзор.-информ./ВНИИОЭНГ).