УДК 622.257.122

В.С.ЛИТВИНЕНКО, *д-р техн. наук, профессор, ректор, spmi@mail.wplus.net*
Н.И.НИКОЛАЕВ, *д-р. техн. наук, профессор, niknik@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.C.LITVINENKO, *Dr. in eng. sc., professor, rector, spmi@mail.wplus.net*
N.I.NIKOLAEV, *Dr. in eng. sc., professor, niknik@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

РАЗРАБОТКА УТЯЖЕЛЕННЫХ БИОПОЛИМЕРНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН

Представлены результаты исследований, связанных с разработкой эффективных составов технологических жидкостей для ремонта нефтяных и газовых скважин.
Ключевые слова: скважина, утяжеленная жидкость, биополимеры, реология растворов.

DEVELOPMENT OF THE WEIGHTED BIOPOLIMER DRILLING MUD FOR WORKOVER

The results of research are related, with effective composition of process fluids for oil and gas workover.
Key words: well, weighted displacement fluid, biopolymers, mud rheology.

Глушение скважин является одним из важных этапов технологической цепочки их подземного ремонта, одной из задач которого является сохранение и восстановление естественных фильтрационных характеристик призабойной зоны продуктивного пласта (ПЗП).

Оценка влияния операции глушения на состояние ПЗП показывает существенное загрязнение пласта твердой фазой и фильтратом жидкости глушения, что приводит к увеличению сроков вывода скважины на нормальный режим эксплуатации, снижению дебитов по нефти и темпов ее добычи.

В этой связи исследования, направленные на разработку новых составов жидкостей глушения, уменьшающих их отрицательное влияние на фильтрационные характеристики ПЗП при подземном ремонте, являются актуальными для нефтегазовой отрасли.

Достоинством использования биополимеров в качестве основы жидкости глушения является создание постепенно возрастающего статического напряжения сдвига, что позволяет обеспечить поддержание утяжеляющих агентов во взвешенном состоянии без необходимости прибегать для этого к высоким вязкостным показателям раствора. Биополимер КК-Робус эффективно повышает структурно-реологические характеристики как в пресной воде, так и в насыщенных рассолах, при этом в последнем случае требуется незначительное увеличение расхода реагента.

Ранее было выявлено*, что одним из перспективных путей получения жидкостей глушения является утяжеление дисперсионной среды высокорастворимыми солями, с последующим введением твердых добавок – утяжелителей на основе шлаковых отходов. Использование в качестве утяже-

* *Литвиненко В.С.* Технологические жидкости для повышения эффективности строительства и эксплуатации нефтяных и газовых скважин / В.С.Литвиненко, Н.И.Николаев // Записки Горного института. СПб, 2011.Т.194.

Litvinenko V.S. Technological fluids for increasing effectivity of construction and exploitation oil and gas wells / V.S.Litvinenko, N.I.Nikolaev // Proceedings of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2011. Vol.194.

лителя ферромолибденового шлака позволяет получать биополимерные растворы плотностью до 1770 кг/м^3, не уступающие по основным технологическим параметрам растворам, утяжеленным более дорогим баритовым концентратом.

Структурирование дисперсной системы биополимером позволяет снизить содержание твердой фазы в растворе, что минимизирует его отрицательное влияние на фильтрационно-емкостные характеристики продуктивных пластов. Ниже приведены максимальные плотности, которые можно достичь на первом этапе утяжеления жидкости глушения водными растворами различных солей:

Соли	Массовое содержание соли, %	Максимальная плотность, кг/м^3
NH_4Cl	22	1070
KCl	24	1170
NaCl	26	1200
$MgCl_2$	30	1300
$CaCl_2$	40	1400
$CaBr_2$	50	1640
K_3PO_4	50	1370
HCOONa	44	1450

Дальнейшее увеличение плотности приводит к перекристаллизации, выпадению осадка и т.д.

Исследования показали, что некоторые соли, например K_3PO_4, переводят воду в ионно-молекулярное состояние до такой степени, что вода не способна растворять реагенты для регулирования структурно-реологических показателей, а водные растворы солей NH_4Cl, KCl сами имеют низкую растворимость.

Растворы на основе солей кальция и магния трудно поддаются стабилизации полисахаридами, коагулируют при обработке акрилатами, ускоряют коррозию добычного оборудования.

Таким образом, лучшие результаты в качестве утяжелителя дисперсной среды получены с использованием хлорида и формиата натрия. В качестве базовой системы использовали биополимерный раствор при содержании 0,4-0,5 % КК-Робус в комплексе с 4 % КМК, регулятора pH – кальцинированной соды, KCl и бактерицида.

При дальнейшем увеличении плотности жидкостей глушения введением шлакового утяжелителя исходили из необходимости получения стабильной системы с минимальной водоотдачей. Результаты исследований основных свойств полученных растворов со шлаком приведены в табл.1 и 2.

Как видно из табл.1, плотность базового раствора с хлоридом натрия и 0,4 % биополимера составила 1180 кг/м^3, условная вязкость 34 с, $СНС_{1/10}$ = 19/24 дПа, водоотдача 6 см^3/мин. При введении 15-55 % шлака плотность раствора возросла с 1270 до 1490 кг/м^3 соответственно, стабильность

Таблица 1

Основные свойства безглинистых утяжеленных растворов с хлоридом натрия

Параметры растворов					Содержание материалов в 1 л раствора						
ρ, кг/м^3	*T*, с	$СНС_{1/10}$, дПа	Ф, см^3/30 мин	Стабильность, кг/м^3	Робус, %	КМК,%	KCl,%	Сода, %	Катамин, %	NaCl,%	Шлак, г
1180	34	19/24	6	–	0,4	4	5	0,5	0,25	26	–
1270	50	34/39	6	10	0,4	4	5	0,5	0,25	26	150
1340	74	54/60	4	16	0,4	4	5	0,5	0,25	26	250
1490	96	86/92	6	21	0,4	4	5	0,5	0,25	26	550
1540	120	122/129	3	32	0,4	4	5	0,5	0,25	26	650
1180	45	54/59	6	–	0,5	4	5	0,5	0,25	26	–
1280	68	61/65	4	7	0,5	4	5	0,5	0,25	26	150
1345	89	74/78	4	12	0,5	4	5	0,5	0,25	26	250
1485	125	89/94	3	15	0,5	4	5	0,5	0,25	26	550
1550	146	125/131	3	20	0,5	4	5	0,5	0,25	26	650
1610	–	–	–	29	0,5	4	5	0,5	0,25	26	750

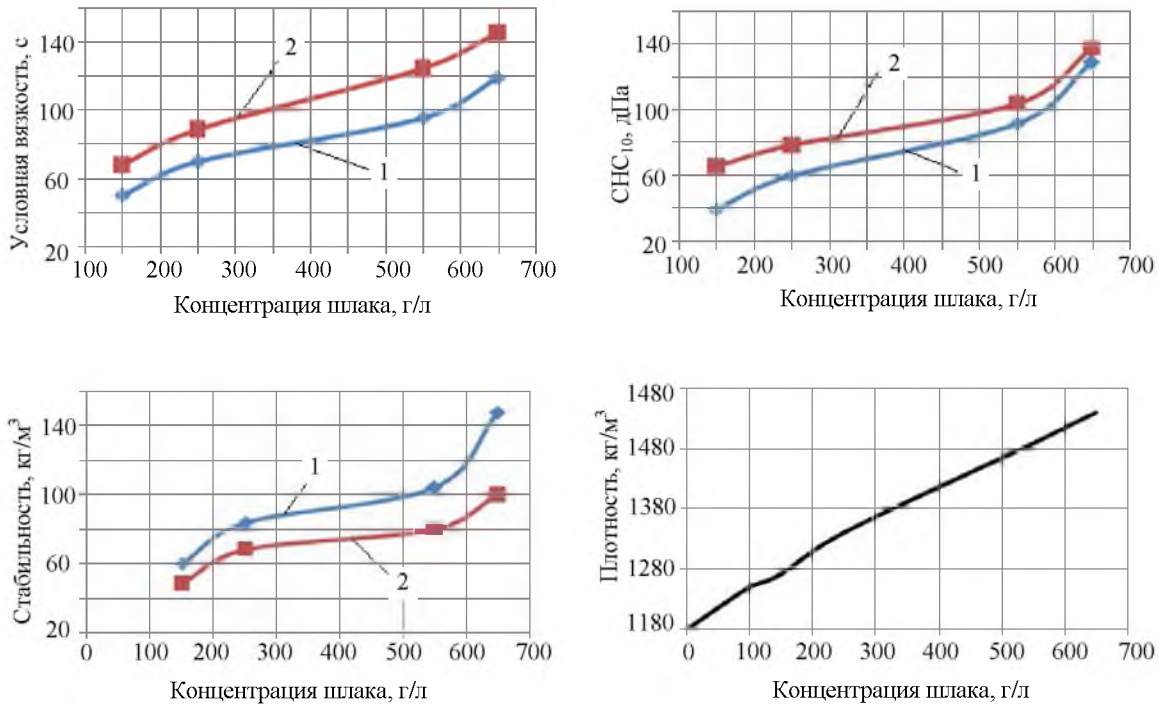


Рис. 1. Зависимость параметров биополимерного утяжеленного раствора с хлоридом натрия от концентрации ферромолибденового шлака

1 – 0,4 % робус + 4 % КМК + 26 % NaCl + 0,5 % сода + 5 % KCl; 2 – 0,5 % робус + 4 % КМК + 26 % NaCl + 0,5 % сода + 5% KCl

системы оказалась удовлетворительной (до 25 кг/м^3). При дальнейшем утяжелении раствор при плотности 1540 кг/м^3 не сохранил стабильность. Для увеличения структурных свойств раствора концентрацию биополимера необходимо было увеличить до 0,5 %. Условная вязкость базового раствора увеличилась до 45 с, показатели $СНС_{1/10}$ повысились до 54/59 дПа соответственно.

В результате, при введении в раствор 65 % шлака плотность достигла 1550 кг/м^3, а система сохранила стабильность (С = 20 кг/м^3) и низкие фильтрационные свойства (Ф = 3 см^3).

Сравнение показателей растворов при различных концентрациях биополимера и шлака представлено на рис.1.

Из графика видно, что с увеличением концентрации шлака происходит плавное возрастание плотности раствора с 1180 до 1550 кг/м^3, что в свою очередь приводит к увеличению вязкости и СНС почти в два раза.

Увеличение концентрации биополимера с 0,4 до 0,5 % приводит к некоторому повышению вязкости раствора и статического напряжения сдвига, но при этом система остается достаточно стабильной при максимальной плотности 1550 кг/м^3.

При дальнейшем увеличении концентрации шлака раствор потерял стабильность (С = 29 кг/м^3). Таким образом, пределом концентрации утяжелителя данной системы является 650 г/л.

При разработке составов биополимерных утяжеленных растворов с формиатом натрия использовалась такая же базовая система, что и с хлоридом натрия, но с фиксированным содержанием биополимера КК-Робус, равным 0,5 %.

В табл.2 представлены технологические показатели безглинистых утяжеленных растворов с формиатом натрия. Плотность раствора без шлака при 40 %-ной концентрации формиата натрия составила 1410 кг/м^3, условная вязкость 51 с, $СНС_{1/10}$ = 45/51 дПа, фильтрация 4 см^3 за 30 мин. При введении в раствор 65 % шлака по массе стабильность составила 24 кг/м^3, что является пограничным условием сохранения стабильности системы. Плотность утяжеленного раствора составила 1770 кг/м^3.

Таблица 2

Показатели безглинистых утяжеленных растворов с формиатом натрия

Параметры растворов					Содержание материалов в 1 л раствора						
ρ, кг/м^3	*T*, с	СНС$_{1/10}$, дПа	Ф, см^3/30 мин	Стабильность, кг/м^3	Робус, %	КМК,%	KCl,%	Сода, %	Катамин,%	HCOONA, %	Шлак, г
1410	51	45/51	4	–	0,5	4	5	0,5	0,25	40	–
1510	68	74/79	6	10	0,5	4	5	0,5	0,25	40	150
1550	89	92/97	5	16	0,5	4	5	0,5	0,25	40	250
1700	125	119/124	6	18	0,5	4	5	0,5	0,25	40	550
1770	146	134/139	7	24	0,5	4	5	0,5	0,25	40	650
1810	–	–	–	34							750

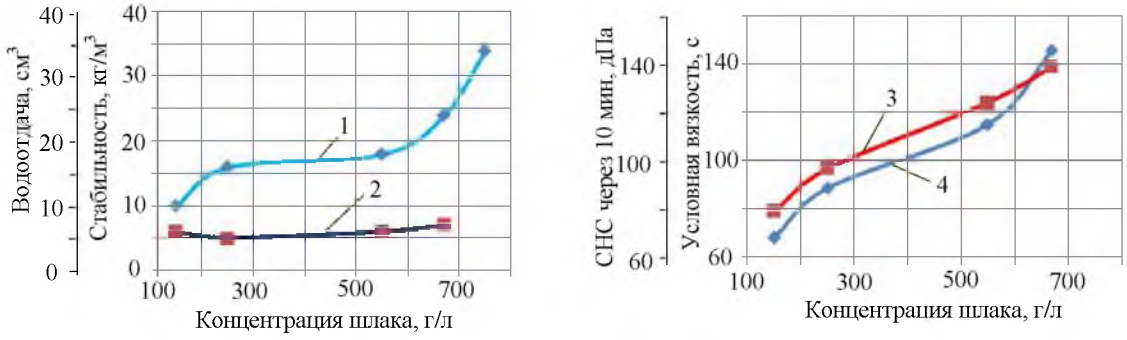


Рис.2. Зависимость параметров биополимерного утяжеленного раствора с формиатом натрия от концентрации ферромолибденового шлака

1 – стабильность, кг/м^3; 2 – водоотдача, см^3; 3 – СНС через 10 мин, дПа; 4 – условная вязкость, с

Как видно из рис.2, раствор остается стабильным при концентрации шлака в интервале 150-650 г/л. Дальнейшее утяжеление раствора до 1810 кг/м^3 привело к потере стабильности системы (С = 34 кг/м^3). Водоотдача остается низкой (4-7 см^3 за 30 мин) независимо от роста концентрации шлака. Условная вязкость интенсивно возрастает и при плотности раствора 1770 кг/м^3 достигает 146 с. С увеличением количества утяжелителя структурные свойства так же возрастают почти в 2 раза с 74/79 дПа до 134/139 дПа.

Полученные результаты показывают, что использование солей хлори да и формиата натрия совместно со шлаковым отходом позволяет получать стабильные растворы с приемлемыми технологическими свойствами, плотностью 1550 и 1770 кг/м^3 соответственно. Преимуществом минерализации биополимерных растворов солями является получение состава фильтрата раствора, близкого к составу пластового флюида, что уменьшает загрязняющее воздействие жидкости глушения на продуктивные пласты в условиях аномально высоких пластовых давлений. Присутствие формиата натрия обеспечивает низкую коррозионную активность, высокую ингибирующую способность по отношению к глинистым породам, экологическую безопасность раствора и устойчивость полисахаридов к ферментативной деструкции.

Таким образом, полученные безглинистые утяжеленные составы на основе водных растворов солей и ферромолибденового шлака можно эффективно использовать в качестве жидкости глушения при проведении капитального ремонта скважин в широком диапазоне пластовых давлений.