

Ингибирующие свойства системы ИКАРБ создаются введением хлористого калия.

#### **Выводы**

Преимущества биополимерного раствора: максимальное сохранение устойчивости стенок скважины, соблюдение оптимальных реологических характеристик для транспортировки выбуренной породы на дневную поверхность, что особенно важно при бурении горизонтальных участков ствола скважины; максимальное снижение содержания естественно нарабатываемой твердой фазы в растворе; минимальное проникновение фильтрата биополимерного раствора в призабойную зону продуктивного пласта; высокая экологичность, обеспечиваемая биоразлагаемыми компонентами системы обработки; простота регулирования параметров биополимерного бурового раствора и стабильность параметров в большом диапазоне рН.

Научно обосновано и в промышленных условиях подтверждено обеспечение сохранности природных фильтрационно-емкостных свойств вскрываемых низко и средне проницаемых тиррегенных коллекторов нефти и газа, содержащих глинистые минералы применением биополимерсолевых промывочных жидкостей.

Установлено, что биополимер, поступая в поровое пространство пласта, адсорбируется на поверхности поровых каналов, сужает их, образует кольматационный экран. Адсорбируясь на глинистых включениях, являющихся составным элементом горной породы, предотвращает их гидратацию и набухание. Связывая значительное количество дисперсионной среды, способствует снижению процесса фильтратоотдачи бурового раствора. Наличие электролита (солей хлорида калия, ацетата калия либо формиата натрия) способствует ингибированию процессов гидратации и диспергации глинистых включений, снижению поверхностного натяжения и капиллярного давления, защиты биополимерного реагента от воздействия бактерицидов и регулирования плотности раствора.

#### **Литература**

1. Ананьев А.Н., Пеньков А.И.(ред). Учебное пособие для инженеров по буровым растворам: Изд-во, 2000. – 142с.
2. Булатов А.И., Макаренко П.П., Проселков Ю.М. Буровые промывочные и тампонажные растворы: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1999. – 424 с.
3. Грей Дж.Р., Дарли Г.С.Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) / Пер. с англ. – М: Недра, 1985. – 509 с.
4. Капитонов В.А. Исследование процессов отложения неорганических солей и подбор ингибиторов для борьбы с этим явлением // Записки горного института. Полезные ископаемые России и их освоение. – 2004. – Т. 159, ч. 2. – С.52-54.
5. Чубик П.С. Квалиметрия буровых промывочных жидкостей. – Томск: Изд-во НТЛ, 1999. – 300 с.

### **РАЗРАБОТКА ЛЕГКИХ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА**

**К.М. Минаев, В.М. Горбенко**

Научный руководитель: доцент К.М. Минаев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

На ряде месторождений строительство скважин осложняется наличием в разрезе высокопроницаемых пластов и пластов с низким поровым давлением. Наиболее эффективным технологическим решением, позволяющим существенно сократить затраты на цементирование обсадной колонны в таких условиях, является использование облегченного тампонажного раствора с заданной плотностью. Использование сверхлегких систем цементирования в современных осложненных скважинах может значительно повысить качество тампонирувания и производительность скважины [1].

Наиболее часто снижение плотности тампонажных растворов осуществляется за счет увеличения водоцементного соотношения. Однако это влечет за собой необходимость введения водоудерживающих добавок, поскольку в противном случае происходит нарушение седиментационной устойчивости цементного теста, увеличение водоотдачи и фильтрации тампонажного раствора. Для обычной портландцементной суспензии при водоцементном соотношении 0,55 проявляется заметное водоотделение, которое при достижении этого показателя 0,6 достигает недопустимых значений. Скорость фильтрации жидкости через суспензию можно уменьшить, повысив вязкость жидкости, степень дисперсности твердой фазы, введением воздухововлекающих добавок. Чаще всего вязкость цементного раствора повышают путем введения бентонитовой глины, но формирующийся цементный камень будет обладать низкой прочностью. В качестве воздухововлекающих добавок широко применение находят алюмокалиевые полые микросферы, которые являются отходами сжигания топлива на ТЭЦ. Данные тампонажные системы хорошо изучены, обладают предсказуемыми и относительно легко регулируемые свойствами. В то же время, главный недостаток алюмокалиевых полых микросфер – их дефицитность. Альтернативой данным микросферам в качестве воздухововлекающей добавки может выступать вспученный вермикулит.

Эффективность облегченных тампонажных материалов с добавкой вермикулита обусловлена физико-химическими процессами его взаимодействия с цементом с образованием новых гидратных фаз, упрочняющих структуру композиционного материала. По сравнению с широко применимыми гелецементными растворами, такой тампонажный раствор обладает лучшими закупоривающими свойствами; способствует увеличению высоты подъема цементного теста в трещиноватых породах. Кроме того, он характеризуется низкой

теплопроводностью, обеспечивающей лучшие условия твердения цемента; релаксирующей способностью, повышающей морозостойкость и трещиностойкость [3 - 7].

Стоит отметить, что в ТюменНИИгипрогаз проводилось цементирование с использованием цементовермикулитовых растворов. Цементирование проводилось комбинированным способом (прямой-обратной заливкой) эксплуатационных колонн [8]. Дополнительно в состав композиции входил регулятор скорости схватывания хлорид кальция. Разработчиками отмечается, что оптимальными технологическими параметрами обладают системы с плотностью 1490-1520 кг/м<sup>3</sup>, при водоцементном соотношении 0,8-0,9, однако на данный момент для обеспечения одноступенчатого цементирования эксплуатационных колонн требуется применение растворов с плотностью 1350-1450 кг/м<sup>3</sup>. Таким образом, объем применения цементовермикулитовых растворов сильно сократился, и в настоящее время они применяются только для цементирования кондукторов в интервалах многолетнемерзлых пород [9].

В работе [10] отмечается, что при использовании вермикулитоцементных растворов зачастую возникали осложнения, связанные с невозможностью проведения процесса его продавливания в затрубное пространство после кратковременной остановки циркуляции. Проведенные экспериментальные исследования показали, что причиной этого является расслоение и образование вермикулитовых пробок, водяных поясов, нерегулируемое сокращение сроков схватывания.

Поэтому авторами исследования предпринята попытка разработки рецептуры вермикулитосодержащего цементного раствора плотностью 1350-1400 кг/м<sup>3</sup>, что позволит использовать данные тампонажные растворы при одноступенчатом цементировании скважины. Кроме того, для обеспечения снижения стоимости цементирования, цемент марки ПЦТ-I-G-CC-1 был заменен более дешевым ПЦТ-I-100. Для получения более низкой плотности цементного раствора, по сравнению с ранее испытанными рецептурами [11, 12], применили вермикулит меньшей насыпной плотности (150 кг/м<sup>3</sup>) и более крупной фракции (до 1 мм). Данная марка вермикулита обеспечивает большее воздухововлечение, соответственно, обеспечивает большее снижение плотности при сохранении тех же пропорций, что и ранее испытанные вермикулитоцементные смеси. Однако такие растворы обладают меньшей седиментационной устойчивостью. Низкая стабильность раствора способствует возникновению межпластовых перетоков и межколонных нефтегазопоявлений в период ожидания затвердевания цемента, а высокая скорость фильтрации – формированию проницаемого цементного камня. Таким образом, происходит снижение качества разобщения пластов и сокращению межремонтного периода эксплуатации скважин. Поэтому для дополнительной регулировки вязкостных характеристик тампонажного раствора проведено изучение влияния добавок бентонитовой глины и полимерных реагентов на свойства вермикулитосодержащего тампонажного раствора и камня. Результаты представлены в таблице 1. Добавка полимеров (карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), метилцеллюлоза (МетилЦ), крахмал) во всех случаях приводит к уменьшению водоотделения цементного теста, в результате образуются устойчивые системы, стабилизируется плотность раствора, уменьшается вероятность образования вермикулитовых пробок в результате циркуляции раствора. Дополнительно увеличивается время загустевания цементного раствора, прочность цементного камня остается примерно на том же уровне. Для использования стоит рекомендовать метилцеллюлозу, данный реагент обеспечивает наименьшую плотность тампонажного раствора, хорошо растворяется, значительно увеличивает время загустевания и снижает водоотделение.

Таблица 1

Результаты испытаний цементных составов  
(90% ПЦТ-I-100, 10% вермикулит М150) с добавками полимеров

Измеряемые параметры	Добавка				
	Нет	0,12% КМЦ	МетилЦ 0,15 %	МетилЦ 0,075% Бентонит 1,5%	0,06% крахмал
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,35-1,40	1,37	1,35	1,40	1,40
Растекаемость, мм	>250	250	220	215	205-210
Время загустевания, мин – 30 Вс (75 °С)	110	148	145	105	152
Прочность на изгиб через двое суток, МПа	1,35	1,40	1,35	1,30	1,46
Водоотделение, см <sup>3</sup>	40	2,4	0	0	1,0

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы: несмотря на то, что в лабораторных условиях облегченные тампонажные растворы на основе вермикулита имеют характеристики удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1581-96, необходимы полевые исследования и проведение пробных заливок скважины, чтобы сделать заключение о применимости данных растворов для цементирования скважин..

Основным достоинством вермикулита при использовании его в качестве облегчающей добавки является неограниченное количество при имеющемся производстве, возможность регулировать насыпную плотность и фракционный состав.

В качестве недостатков стоит отметить:

1. высокую смазывающую способность вермикулита (сравнима с графитом), в результате чего уменьшается адгезия цементного раствора к обсадным трубам, соответственно при расхаживании труб возможно образование заколонных перетоков;

2. релаксирующую способность вермикулита за счет защемленного воздуха, вермикулит в отличие от микросфер не имеет замкнутых полостей, и способен поглощать воду, в результате чего под давлением и при циркуляции необратимо меняется плотность цементного раствора;

3. инертность вермикулита, в результате чего под вопросом остается возможность образования единой структуры с цементной фазой.

#### Литература

1. Шарафутдинов З.З., Чегодаев Ф.А., Шарафутдинова Р.З. Буровые и тампонажные растворы. Теория и практика: справочник. — СПб.: Професионал, 2007. — 416 с.
2. Большая Советская Энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. — 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1970 — Т. 4: Брасос - Веш. — 1971. — 500 с.
3. А.с. 1339233 СССР, МКИЗ Е 21 В 33/138. Тампонажный раствор/ А.А. Ключов, Т.В. Кузнецова, М.М. Шалыпин, Н.А. Данюкин, Е.М. Нанивский, Ю.Ф. Захаров (СССР). — № 4056952/22-03. Заявлено 16.04.86.
4. А.с. 884367 СССР, МКИЗ Е 21 В 33/138. Облегченный тампонажный раствор для низкотемпературных скважин/А.А. Ключов (СССР). — № 2977437/ 22-03. Заявлено 25.08.80.
5. Горский А.Т., Баталов Д.М., Швецов В.Д. Применение вермикулитоцементных растворов для цементирования скважин. // Тр. ин-та/ ЗапСибНИГНИ. — 1983. — Вып. 66. — С. 54-59.
6. Ключов А.А. К эффективности использования тампонажных растворов пониженной плотности. // ЭИ Геология, бурение и разработка газовых и морских нефтяных месторождений. — М.: 1985. — Вып. 10. — С. 9-11.
7. Ключов А.А. Разработка и исследование цементных тампонажных композиций, твердеющих при пониженных температурах. Диссертация д.т.н.— М.: 1993. — 560 с.
8. Облегченная тампонажная смесь. Ипполитов В.В., Подшибякин В.В., Белей И.И., Коновалов В.С., Вялов В.В. — № RU2243358С1. Заявлено 29.04.2003.
9. Белей И.И., Штоль В.Ф., Щербич Н.Е. Типы применяемых облегченных тампонажных растворов для крепления скважин на газоконденсатных месторождениях севера Тюменской области. //Стр-во нефт. и газ. скважин на суше и на море. — 2005. — № 3. — С. 30-32.
10. Данюшевский В. С., Алиев Р. М., Толстых И. Ф. Справочное руководство по тампонажным материалам. - М.: Недра, — 1987. — 372с.
11. К.М. Минаев, В.М. Горбенко, В.А. Кайль, А.С Бубнов, И.А. Бойко. Облегченные тампонажные растворы на основе вермикулита // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Том II; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. — С. 206 – 208.
12. Минаев К.М., Горбенко В.М. Разработка облегченных вермикулитосодержащих тампонажных материалов // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Т. II. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. — С. 69 – 71.

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОМЫВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ И ЛОПАСТНЫХ ДОЛОТ, ОСНАЩЕННЫХ РЕЗЦАМИ PDC

**А.А. Гребенников**

Научный руководитель: старший преподаватель Н.А. Баркалов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Российские и зарубежные исследователи в достаточном объеме осветили аспекты влияния основных параметров режима бурения и схем промывки шарошечных долот и лопастных долот, оснащенных резцами PDC, на процесс очистки забоя скважины. В ВНИИБТ, были проведены исследования, которые обосновали наличие трех, отдельно протекающих процессов на забое скважины, таковыми являются: первый – это непосредственно очистка поверхности забоя, второй – это очистка призабойной зоны, третий – это очистка вооружения долота. Исходя из этого, возникает необходимость создания систем промывки буровых долот, которые либо в равной степени повышали эффективность всех трех процессов очистки забоя одновременно, либо делали упор на том процессе, повышение эффективности которого наиболее адекватно в данных условиях, либо возникает необходимость улучшить уровень эффективности того процесса, который протекает с наибольшими затруднениями.[1]

Как известно, главная причина снижения эффективности бурения – это рост дифференциального давления с ростом глубины. Данное явление приводит к увеличению силы, прижимающей частицы породы к забою, что затрудняет их отрыв и, следовательно, очистку забоя в целом. При высоких дифференциальных давлениях и низких скоростях фильтрации бурового раствора осуществляется переход к состоянию горных пород, в котором наблюдается псевдопластичное разрушение, вне зависимости от того, каковы прочностные характеристики горных пород в атмосферных условиях. При таких сложных условиях возникает необходимость в присутствии мощного струйного воздействия на забой скважины, что могут обеспечить лишь те гидромониторные насадки, перепад давления в которых достаточно высок. Доказано, что поперечные потоки,