



Современные аспекты применения ПАВ для повышения эффективности алмазного бурения нефтяных и газовых скважин

Г.Г. ИШБАЕВ,
генеральный директор
bit@burinteh.com

ООО НПП «Буринтех»,

А.Н. ХРИСТЕНКО,
инженер лаборатории
буровых растворов
Akhris@burinteh.com

А.В. ХРИСТЕНКО,
инженер лаборатории
буровых растворов
Khristenko@burinteh.com
лаборатория
буровых растворов
ООО НПП «Буринтех»

В статье рассмотрены перспективы применения антисальниковых добавок и «интенсификаторов бурения» – специальных добавок, позволяющих увеличивать механическую скорость при бурении пластичных пород долотами PDC.

MODERN ASPECTS OF SURFACTANT USING TO INCREASE EFFICIENCY OF DIAMOND BIT DRILLING OF OIL AND GAS WELLS

G. ISHBAEV, A. KHRISTENKO, A.I. KHRISTENKO, BURINTEKH SPE Co., Ltd.

The article examines using perspectives of anti-balling additives and «ROP enhancers» – special additives capable to increase mechanical speed when drilling flowing rock formation with PDC bits.

Keywords: drilling of flowing rock formation with PDC bits, drilling fluid, surfactant, adhesion, adsorption, forming of packing, reducers of rock strength, detergents, anti-balling additives, ROP enhancers

Основные объемы бурения долотами PDC в России приурочены к разбуриванию горных пород невысокой прочности: мягких, средних и, в меньшей степени, твердых. Большинство разрезов скважин (особенно в Западной Сибири) сложено глинистыми породами на разных стадиях литогенеза. Такие породы при бурении буровыми растворами на водной основе склонны к размоканию, набуханию, прилипанию к долоту и элементам КНБК, образованию «сальников», тем самым снижая скорость бурения и приводя к различным осложнениям.

Специалистами ООО НПП «Буринтех» проделана и продолжает выполняться работа как по оптимизации конструктивных особенностей производимых PDC долот, так и по поиску других решений, способствующих увеличению механической скорости бурения и проходки на долото.

При бурении скважин долотами PDC в пластичных породах серьезным ограничением по повышению эффективности работ является проблема образования «сальников». На первое место по предотвращению «сальникообразования» и увеличению допустимой скорости бурения в пластичных породах становится улучшение антисальниковых свойств бурового раствора. В настоящее время в России слабо изучены закономерности, а на рынке практически отсутствуют химические реагенты, препятствующие образованию сальников.

ОТ ДЕТЕРГЕНТОВ – ПОНИЗИТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД К АНТИСАЛЬНИКОВЫМ ДОБАВКАМ

Считается, что уменьшение энергоемкости процесса разрушения горных пород на забое может быть осуществлено за счет снижения их твердости. Горные породы не однородны по прочности в силу того, что имеют дефекты в кристаллической решетке, а также микротрещины, пронизываю-

щие кристаллы и расположенные по их границам.

Жидкость как внешняя среда, помимо очистки смачиваемых поверхностей, активно участвует в процессе механического разрушения горных пород, проникая в глубину твердого тела – в зону предразрушения, представляющую собой деформированные слои с повышенной трещиноватостью.

Активность жидкости может быть значительно повышена небольшими добавками к ней специальных веществ, получивших название понизителей твердости. Воздействие этих веществ на процесс разрушения горных пород основано на усилении физико-химического взаимодействия дисперсионной среды с развивающимися в процессе механического разрушения новыми поверхностями горной породы. Дисперсионная среда бурового раствора с добавкой понизителя твердости, проникая в зону предразрушения и распределяясь по микротрещинам, образует на поверхности горной породы адсорбционные пленки (сольватные слои). Эти пленки производят расклинивающее действие в зонах, расположенных вблизи поверхности обнажаемых горных пород, вследствие чего создаются лучшие условия их разрушения. Чем сильнее при этом связь смачивающей жидкости с поверхностью тела, тем сильнее расклинивающее действие адсорбционно-сольватных слоев.

Понизители прочности (детергенты) – вещества, усиливающие моющее действие воды снижением ее поверхностного натяжения. Первыми детергентами были мыла, полученные из встречающихся в природе веществ, сейчас под детергентами обычно понимают синтетические вещества, по моющему действию сходные с мылами.

Обеспечивая расклинивающий эффект в зоне работы долота, понизители прочности пород одновременно помогают процессу дальнейшего диспергирования находящегося в циркуляции бурового шлама. В боль-

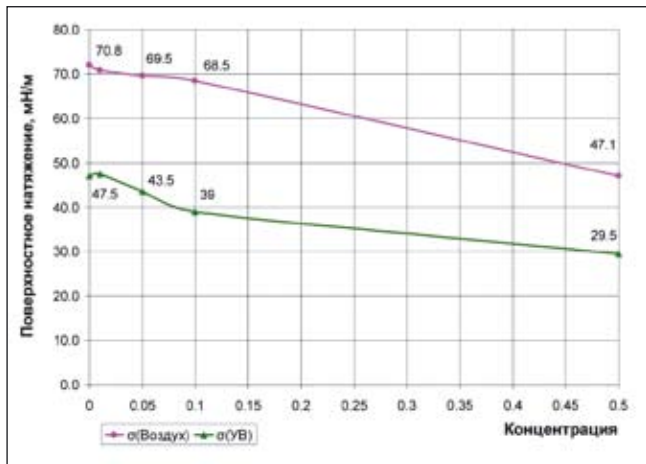


Рис. 1. Влияние антисальниковой добавки на снижение поверхностного натяжения на границе с воздухом и углеводородом

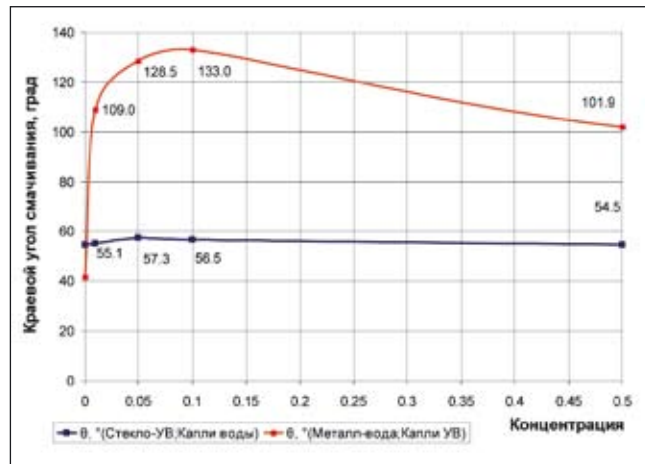


Рис. 2. Влияние антисальниковой добавки на краевои угол смачивания на поверхности стекла и металла

шинстве случаев это недопустимо, поскольку возникают проблемы с реологией раствора, его стабильностью и контролем твердой фазы, устойчивостью стенок скважины (повышенному диспергированию подвергаются также породы, складывающиеся стенки скважины).

Из рассмотренного действия стандартных детергентов – понизителей прочности горных пород становится понятно, что их применение в буровом растворе при бурении глинистых сланцев нежелательно, поскольку наряду с пептизацией «сальника» и снижением прочности пород возникает множество проблем с устойчивостью стенок скважины и сохранением проектных параметров бурового раствора. Несмотря на это, при разбуривании твердых пород, в отсутствие проблем с устойчивостью стенок скважины и излишним диспергированием выбуренного шлама, применение детергентов – понизителей прочности пород может приводить к повышению скорости бурения.

Тем не менее, при бурении пластичных пород растворами на водной основе для предотвращения прилипания частиц глинистого шлама к буровому инструменту и друг к другу необходимо применение современных антисальниковых добавок на основе ПАВ, не приводящих к диспергированию шлама. Такие поверхностно-активные вещества широко применяются в текстильной промышленности для придания гидрофобизирующих, водо- и грязеотталкивающих свойств текстильным изделиям.

Гидрофобность – это физико-химическое свойство, при котором твердая поверхность имеет угол смачивания жидкостью $\theta > 90^\circ$ (θ – краевои угол смачивания жидкостью поверхности твердого тела). При обволакивании волокон гидрофобной пленкой вода не проникает внутрь ткани (подобного эффекта можно ожидать и с поверхностью глинистого шлама). Так реагенты-гидрофобизаторы образуют на поверхности глины полимолекулярный слой, обладающий высокой адгезией к глине и придающий поверхностям водоотталкивающие свойства.

К наиболее распространенным гидрофобизирующим агентам относятся соединения, образующие в воде эмульсии. При введении в водный раствор данные вещества осаждаются на поверхностях и сорбируются ими, заполняя поры и капилляры. Основные гидрофобизирующие соединения: 1) алкилированная янтарная кислота и ее производные; 2) эфиры жирных кислот и многоатомных спиртов; 3) производные оксикарбоновых кислот; 4) оксизетилированные жирные кислоты; 5) азотсодержащие соединения.

Современная «антисальниковая» добавка на основе ПАВ – это гидрофобизирующее средство с высокой адсорбционной активностью, предназначенное специально для буровых растворов. При использовании добавки в составе

промывочной жидкости во время бурения отсутствует эффект прилипания глины к буровому долоту и элементам КНБК. «Антисальниковая» добавка также улучшает смазывающие свойства бурового раствора. Влияние такой добавки на снижение поверхностного натяжения на границе «вода – воздух» и «вода – углеводород» по сравнению с большинством ПАВ незначительно (рис. 1).

При добавлении «антисальниковой» добавки в буровой раствор происходит формирование слоя ПАВ и на поверхности металла, контактирующего с буровой жидкостью. Полярные части молекул ПАВ ориентируются к поверхности металла, а неполярные алифатические радикалы – в сторону водной фазы, что приводит к гидрофобизации металла и образованию на его поверхности слоя адсорбированного активного вещества. В то же время краевои угол смачивания на стеклянной поверхности практически не меняется (рис. 2). Это говорит о том, что характер смачиваемости терригенного коллектора, в случае присутствия антисальниковой добавки в буровом растворе, не изменится и загрязнения призабойной зоны при вскрытии продуктивного пласта из-за действия ПАВ, входящих в состав добавки, не ожидается.

СМАЗОЧНЫЕ ДОБАВКИ И ИНТЕНСИФИКАТОРЫ БУРЕНИЯ

Было замечено, что использование добавок нефти снижает показатель фильтрации глинистого раствора; улучшает состояние ствола скважины; увеличивает механическую скорость бурения и срок службы долота; уменьшает момент на вращение колонны бурильных труб и способствует более полной передаче на долото осевой нагрузки; исключает «сальникообразование» на долоте и бурильных трубах и т. д. Однако применение нефти в буровом растворе не удовлетворяет требованиям охраны окружающей среды.

Одним из наиболее прогрессивных методов снижения потерь на трение бурильной колонны в скважине является введение в состав промывочной жидкости специальных органических или комбинированных добавок, в результате чего образуется эмульсия, обладающая смазочными свойствами. Такие промывочные жидкости обеспечивают ряд дополнительных положительных эффектов: увеличение механической скорости, снижение затрат мощности на вращение колонны бурильных труб, снижение потерь напора при циркуляции.

«Смазывание» происходит в результате распределения подходящей жидкости по поверхностям металла и глинистых частиц, предотвращающей непосредственное соприкосновение поверхностей друг с другом. Таким образом, эффекты, связанные с трением, становятся незначительными.

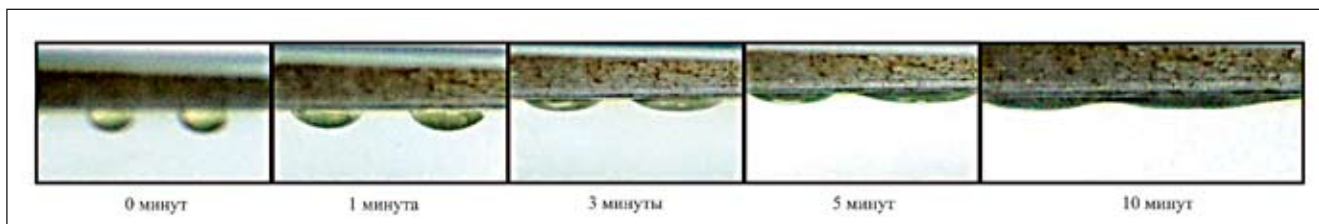


Рис. 3. Смачивание интенсификатором бурения металлической поверхности из воды и образование гидрофобного слоя синтетических жидкостей

В своем составе смазки содержат молекулы ПАВ с длинной углеводородной цепью, способные не только понижать поверхностное натяжение, но также эффективно гидрофобизировать твердую поверхность. Смазочная добавка покрывает гидрофильную поверхность глинистых частиц и металла посредством ПАВ, обеспечивающего распределение углеводородной пленки на поверхностях металла и выбуриваемой глинистой породы. В результате на границе контакта «глинистая частица – металл» размещается слой неполярной жидкости из смазочной добавки. Неполярные жидкости обладают низкой работой когезии, определяемой неспецифическими дисперсионными взаимодействиями. Из-за низких молекулярных сил притяжения внутри неполярной граничной жидкости сцепление между металлом и частицами шлама легко разрушается циркулирующим раствором и образования «сальника» не происходит. Смазочные материалы попутно могут выполнять также функции охлаждения, защиты от коррозии, уплотнения зазоров и очистки поверхностей.

Было замечено, что при бурении активных глин добавление смазочных добавок, содержащих композицию неполярных углеводородов и смесь ПАВ, приводит к значительному росту механической скорости бурения. Такие реагенты постепенно выделались в отдельную группу и получили название: «интенсификаторы бурения».

В настоящее время в лаборатории буровых растворов ООО НПП «Буринтех» разработан «интенсификатор бурения» – специальная добавка, позволяющая увеличить механическую скорость бурения при использовании растворов на водной основе.

«Интенсификатор бурения» содержит смесь безвредных для окружающей среды поверхностно-активных веществ и синтетических жидкостей. Добавка покрывает стенки скважины, выбуренную породу и металлические поверхности гидрофобным слоем синтетических жидкостей (рис. 3), что минимизирует сальникообразование и износ бурового оборудования.

«Интенсификатор бурения» содержит смесь безвредных для окружающей среды поверхностно-активных веществ и синтетических жидкостей. Добавка покрывает стенки скважины, выбуренную породу и металлические поверхности гидрофобным слоем синтетических жидкостей (рис. 3), что минимизирует сальникообразование и износ бурового оборудования.

Воздействие реагента на выбуренную породу изучалось по его влиянию на измельчение (диспергирование) глинистого шлама в буровом растворе. Для этого глинистый шлам помещался в нагретый до 50°C базовый полимер-глинистый раствор и динамически перемешивался в нем в течение 16 часов. После этого сохранившийся (не измельчившийся) шлам отделялся от раствора, и определялось, какая часть породы сохранила целостность (не пептизировалась). Установлено, что добавление интенсификатора эффективно препятствует диспергированию глинистого шлама (рис. 4).

Присутствие интенсификатора в буровом растворе обеспечивает чистоту долота в процессе бурения, что позволяет увеличить осевую нагрузку (позволяет резцам долота PDC находиться в непрерывном контакте с забоем и максимально разрушать пластичную породу), этим увеличивая механическую скорость бурения.

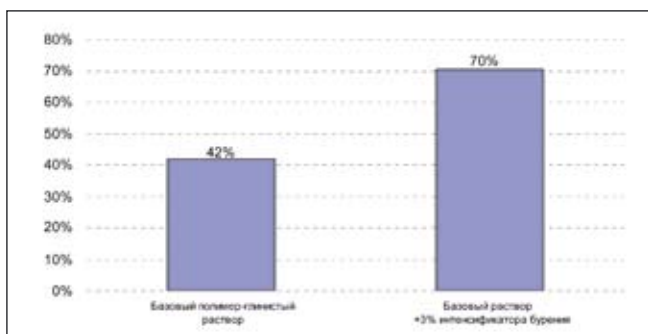


Рис. 4. Сохранение целостности глинистого шлама (% по массе) после диспергирования в растворе

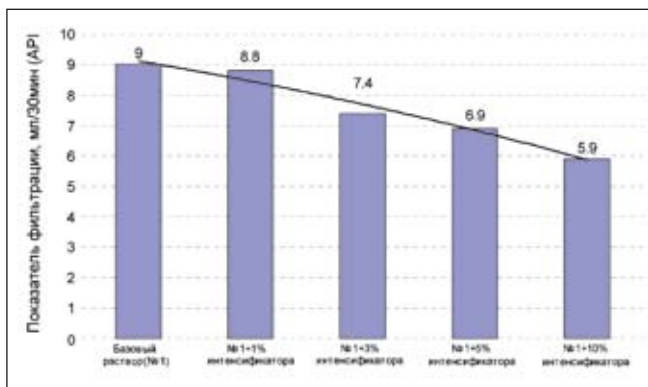


Рис. 5. Влияние концентрации интенсификатора бурения на снижение показателя фильтрации

Применение реагента способствует стабилизации ствола скважины. Дополнительное ингибирование и сохранение устойчивости стенок скважины происходит из-за способности интенсификатора образовывать адсорбционные гидрофобные оболочки на поверхности глинистых частиц. Находясь под давлением в фильтрационной корке, такие оболочки способны деформироваться и принимать более удобную форму, в результате чего уменьшается зазор между частицами и снижается проницаемость фильтрационной корки. Так, при добавлении разрабатываемого интенсификатора бурения в типичный полимер-глинистый раствор наблюдается снижение показателя фильтрации (рис. 5).

Из-за уменьшения эффектов трения в растворах на водной основе понижается момент сопротивления вращению, вероятность затыжек и дифференциального прихвата. В результате лабораторного тестирования на машине трения LUBRICITY TESTER «OFITE» установлено влияние концентрации интенсификатора бурения на смазывающую способность промывочной жидкости. При добавлении реагента в водный буровой раствор происходит значительное снижение коэффициента трения пары «металл – металл» (рис. 6).

Интенсификатор разработан для применения при бурении в мягких, средних и твердых глинистых сланцах, в пресных и соленых системах бурового раствора. Продукт можно использовать как для очистки бурового инструмента от образовавшегося сальника, так и в качестве антисальниковой добавки в составе промывочной жидкости. Наибольшая эффективность применения реагента достигается при бурении высокопроизводительными долотами PDC с режущими из поликристаллического алмаза.

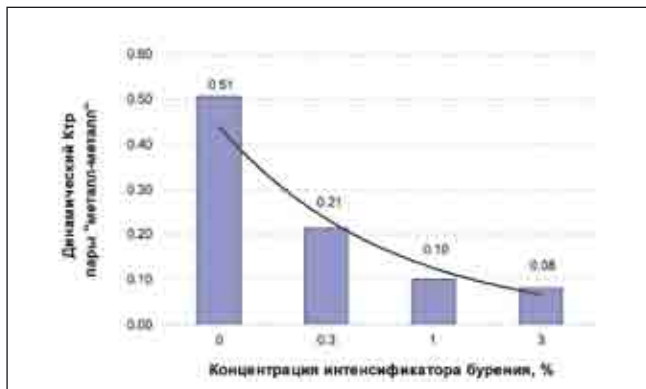


Рис. 6. Снижение динамического коэффициента трения при добавлении интенсификатора бурения в буровой раствор

Экономически наиболее обосновано применение данного реагента при бурении долотами PDC малого диаметра скважин со сложным пространственным профилем, большим зенитным углом или горизонтальным окончанием.

Проблема образования сальников при использовании долот PDC малого диаметра особо актуальна, поскольку они имеют значительно меньшую открытую площадь для выноса шлама. Площадь межлопастного пространства у лопастного долота диаметром 123,8 мм приблизительно в 8 раз меньше, чем у долота диаметром 295,3 мм. Если в качестве критерия для сравнения рассматривать не абсолютные значения площадей межлопастного пространства, а их отношение к диаметру, то получается, что долота малого диаметра (123,8 мм) имеют пространство для выноса шлама (на единицу диаметра) примерно в 3,5 раза меньше, чем у долота диаметром 295,3 мм. Из-за конструктивных

особенностей долот PDC с уменьшением диаметра вероятность образования на нем сальника увеличивается. Решение проблемы снижения механической скорости бурения в результате «сальникообразования» при использовании долот малого диаметра заключается в применении добавок к буровым растворам – «интенсификаторов бурения».

Выводы

Достаточно часто в практике бурения пластичных глин на современных полимерных ингибированных растворах скорость проходки падает в 2 – 3 раза. Анализ причин подобного падения механической скорости не позволяют делать однозначных выводов, т. к. обнаружение образования «сальника» на забое всегда проблематично и определяется только по косвенным признакам. Для исключения подобных ситуаций необходимы профилактические меры, связанные с применением реагентов, предотвращающих «сальникообразование», которые должны значительно повысить технико-экономические показатели бурения.

Использование специальных реагентов, препятствующих образованию «сальников» при бурении долотами PDC, позволит расширить диапазон условий, при которых долота будут успешно использоваться с растворами на водной основе, не ставя под угрозу эффективность бурения. ■

Ключевые слова: бурение долотами PDC пластичных пород, буровой раствор, ПАВ, адгезия, адсорбция, сальникообразование, понизители прочности горных пород, детергенты, антисальниковые добавки, интенсификаторы бурения



III ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТОПЛИВО И ЭКОЛОГИЯ - 2010»

Москва, ГК «Измайлово - Вега»
20 - 21 мая 2010 года

- ПОДГОТОВКА И ПЕРЕРАБОТКА ПОПУТНЫХ ГАЗОВ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
- МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА
- АМИНОВАЯ ОЧИСТКА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ НА НПЗ
- ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ
- СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОТХОДЯЩИХ ГАЗАХ
- ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
- СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД, ОТХОДОВ И НЕФТЕШЛАМОВ

Тел./факс: +7 (495) 641-2790, 641-2791
 Факс: +7 (495) 510-2921
www.gazsertec.ru
conference@gazsertec.ru

