А.Я. Соловьев, ГОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет
рецензент – **Ф.А. Агзамов**, член-корреспондент РАЕН

АДАПТИВНЫЕ СМАЗОЧНЫЕ ЛУБРИКАНТЫ – КЛЮЧ К НОВЫМ ГОРИЗОНТАМ В ПОВЫШЕНИИ СМАЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Данная статья иллюстрирует возможности принципиально нового типа смазочных материалов – адаптивных лубрикантов в плане повышения смазочной способности буровых растворов. Также рассматриваются методические аспекты, касающиеся оценки свойств промывочных жидкостей, обработанных лубрикантами данного типа. Автором раскрываются механизмы обеспечения реагентами-лубрикантами смазочного эффекта и дается сравнительная оценка эффективности этих механизмов в различных условиях бурения. Показаны перспективы и негативные стороны использования супрамолекулярных технологий, основанных на органических нанокристаллах, для создания соле- и термоустойчивых лубрикантов, не имеющих аналогов по эффективности работы в абразивных средах, таких как буровые растворы.

Лубриканты, названные автором «адаптивными», реализуют одноименный специфичный механизм работы, предусматривающий видоизменение структурной формы смазки в зависимости от условий, в которых она находится. Описание процесса структурного видоизменения смазочного компаунда изложено автором в работе [1]. В конспективной форме этот процесс можно представить следующей последовательностью – от прямой микроэмульсии смазочного компонента в объеме бурового раствора к непрерывной углеводородной фазе как результату разложения этой эмульсии, при вытеснении смазочного компонента из объема шламовых отложений или фильтрационной корки на нижней стенке скважины на поверхность контакта с бурильной колонной. Выделившийся при разрушении эмульсии стабилизатор полимеризуется на поверхности твердой фазы бурового раствора, образуя в местах сужений каналов порового пространства фильтрационной корки или шламовых отложений мембрану, пропускающую углеводородный смазочный компонент и задерживающую водную фазу буровой суспензии. В результате такого видоизменения обеспечивается выполнение адаптивными лубрикантами основного принципа противоприхватного действия буровых смазочных добавок – автоматического повышения концентрации смазочного компонента в зоне контакта бурильной колонны с коркой, образованной раствором и шламом на стенке скважины. Иными словами, при обработке буровой промывочной жидкости смазочной добавкой на поверхности фильтрационной корки, полученной из этой жидкости, концентрация смазочного материала много выше, нежели в объеме раствора или в среднем по толщине фильтрационной корки. При этом, как следует из анализа данных о кинетике изменения коэффициентов липкости фильтрационных корок, представленных на рисунке 1, большинство отечественных смазочных добавок локализованы в достаточно тонком поверхностном слое корок и, таким образом, подвержены вымыванию потоком промывочной жидкости. Сопоставление коэффициентов липкости промытых и непромытых фильтрационных корок показывает, что под действием потока бурового раствора эффективность смазочных добавок резко падает, а прихватоопасность для не обработанной смазочными добавками глинистой суспензии возрастает. Таким образом, становится очевидным, что даже при использовании весьма эффективных смазочных добавок, таких как БИОЛУБ или СМАД-АСН, опасность возникновения прихва-

ОАО «ОРСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»



ЗАМКИ ДЛЯ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ ВТУЛКИ и ШТОКА МУФТЫ НКТ, ОТТГ, ОТТМ ПЕРЕВОДНИКИ ПОРШНИ

г. Орск, ул. Крупской, 1, тел.: (3537) 29 00 69, факс: 29 00 60, www.ormash.ru, e-mail: export@ormash.ru

тов в скважине остается значимо высокой, например, на участках набора угла при переходе бурильной колонны от нижней к верхней стенке скважины при подъеме. Кроме того, фильтрационная корка постоянно повреждается элементами бурильной колонны, из-за чего поверхностный смазочный слой механически удаляется со стенок скважины. В результате единственной возможностью сохранить свою эффективность для смазочной добавки, локализующейся в поверхностном слое фильтрационной корки, является адгезия смазочного материала к материалу бурильной колонны, происходящая непосредственно из объема бурового раствора.

Влияние фактора промывки становится тем более существенным, чем больше время контакта фильтрационной корки с потоком бурового раствора. Время промывки, имеющее место в экспериментах, результаты которых отражены на рисунке 1(б), составляло 1 минуту, что много меньше, чем это имеет место в реальной скважине. Таким образом, в скважине тенденция к налипанию фильтрационной корки на бурильную колонну, т.е. сальникообразованию, в случае использования смазочных добавок, предрасположенных к вымыванию, будет проявляться еще значительней, чем она обнаруживает себя в модельных экспериментах.

Проблему при этом, по мнению автора, составляет не сама предрасположенность существующих смазочных добавок к вымыванию, а недостаток внимания специалистов к этой проблеме, о чем свидетельствует анализ методик испытаний смазочной способности промывочных жидкостей, применяемых в практике бурения. Единственной методикой оценки опасности возникновения прихватов, предусматривающей промывку фильтрационных корок, является принятое в отечественном бурении исследование анитифрикционных свойств последних на приборе КТК-2 или ФСК-4 [3]. Однако промывка корки в этой методике не преследует цели оценки вымываемости с ее поверхности смазочных добавок, а является необходимостью, возникающей вследствие загрязнения корки маслом, использующимся в приборе ВМ-6 для передачи давления в зону фильтрации. На практике промывка корок, полученных в процессе измерения фильтратоотдачи буровых растворов на приборе ВМ-6, выполняется с применением технической воды, что искажает результаты последующих исследований на КТК-2 в случае применения водорастворимых или самоиспергирующих в воде смазочных добавок. Поскольку современные смазочные добавки, в том числе разработанные автором адаптивные лубриканты, относятся к названным группам, то промывка корок указанным выше способом для них неприемлема. Кроме того, низкое давление фильтрации ВМ-6, составляющее лишь 0,1 МПа, не позволяет формировать фильтрационные корки достаточно плотные, чтобы противостоять разрушению при промывке.

Достаточно высокое давление фильтрации, составляющее 700 КПа, реализуется в фильтр-прессах, работающих по стандарту API [2]. Однако по данному стандарту для оценки тенденции к возникновению прихватов используется «Stacking Tester», который совмеща-

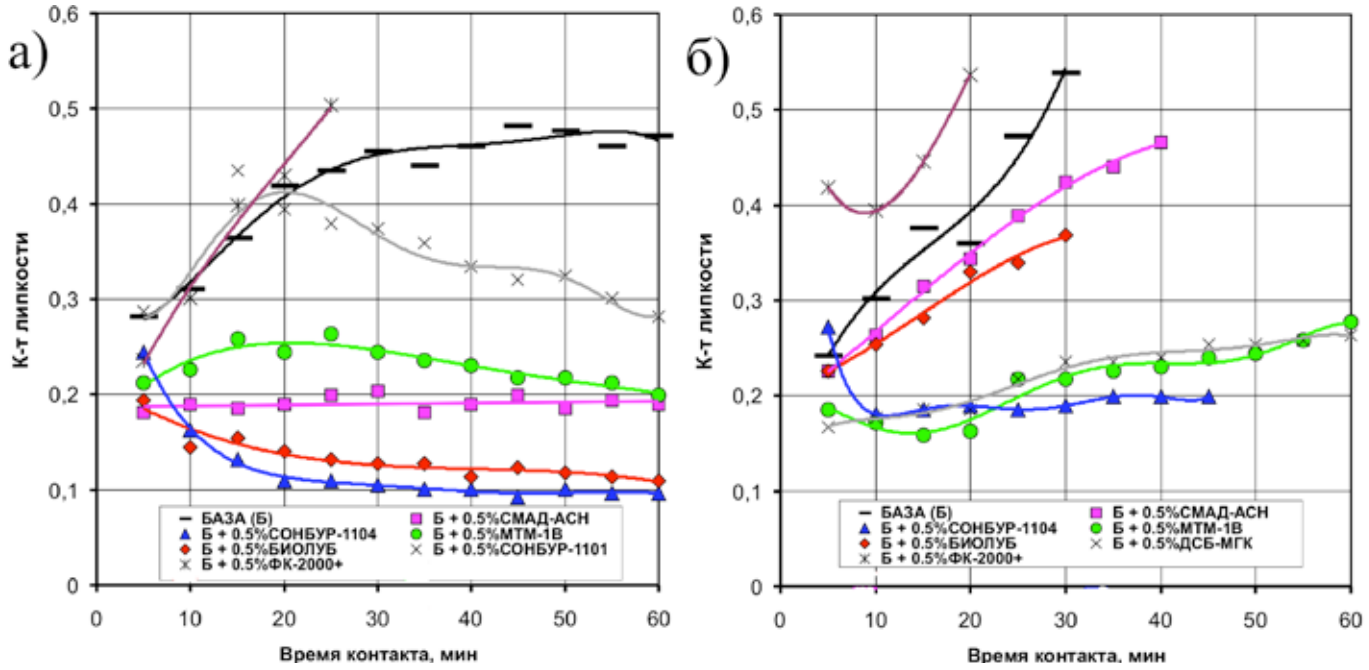


Рисунок 1. Изменение липкости промытых (б) и непромытых (а) фильтрационных корок, полученных из 20%-ной водной суспензии куганакского глинопорошка, обработанной различными смазочными добавками, в процессе контакта с моделью бурильной колонны

ет в себе узлы фильтрации и измерения фрикционных свойств получаемых фильтрационных корок и не предусматривает возможности их промывки.

Единственным найденным автором практическим решением проблемы оценки вымываемости смазочных добавок, базирующимся на стандартных технологиях испытаний эффективности их смазочного действия, оказалось использование для формирования и промывки фильтрационных корок малогабаритного фильтр-пресса «FANN», а для оценки фрикционных свойств корок – КТК-2. В малогабаритном фильтр-прессе применены фильтровальные диски диаметром 6,3 см, которые соответствуют по размерам ложу КТК-2, и имеется резиновая манжета, отделяющая буровой раствор от рабочего агента, создающего давление фильтрации, что позволяет использовать прибор в любом пространственном положении. Порядок работы с данным фильтр-прессом регламентирован стандартом API, который не предусматривает промывку получаемой фильтрационной корки, однако технически конструкция прибора удовлетворяет такой операции наилучшим образом. Это выражается в изолированности системы подачи давления прибора от бурового раствора, чем обеспечивается возможность плескания жидкости внутри рабочей камеры при встряхивании при условии наличия там воздушного кармана. За счет плескания бурового раствора внутри рабочей камеры прибора можно сымитировать действие его потока на корку, что и было реализовано автором в экспериментах по изучению их фрикционных свойств.

Применение разработанной автором методики исследования фрикционных свойств фильтрационных корок позволило выявить некоторые существенные недостатки импортных смазочных добавок, ставших отраслевым стандартом. В частности, это касается такой известной смазочной добавки, как ЛУБРИОЛ, разрабатывавшейся с учетом результатов испытаний на приборе «Stacking Tester». Результаты испытаний данной смазочной добавки с учетом ее вымываемости по авторской методике представлены на рисунке 2(а) и свидетельствуют об удалении смазочного слоя с поверхности фильтрационной корки при промывке в течение 1 минуты.

В данной серии экспериментов использовалась глинистая суспензия, полученная из куганакского глинопорошка по технологии ООО «АНЕГА-бурение», предусматривающей обработку непрерывной фазы суспензии Na_2CO_3 и кондиционирование раствора в течение длительного времени при небольшой интенсивности перемешивания. Тем самым достигается гомогенизация твердой фазы суспензии при минимуме глинистых частиц коллоидной степени дисперсности и, таким образом, меньшая липкость фильтрационной корки базовой суспензии.

В отличие от данной технологии в серии экспериментов, соответствующих рисунку 1, использовалась технология получения глинистой суспензии ООО «ТЕКСОЙЛ», предусматривающая обработку непрерывной фазы суспензии NaOH и диспергирование глинопорошка в воде в течение короткого времени, но при большой интенсивности перемешивания, чем достигается полидисперсность частиц твердой фазы суспензии, при наличии в ее составе значительного количества коллоидной фракции. Как следует из сравнения данных испытаний базовых суспензий на рисунках 1 и 2, глинистая суспензия, приготовленная по технологии ООО «ТЕКСОЙЛ», демонстрирует большую липкость фильтрационной корки и создает гораздо более жесткие условия испытаний для смазочных добавок.

Тем не менее даже в относительно мягких условиях тестирования в среде глинистой суспензии, используемой в

Холдинг «Мобильные Буровые Системы» - лидер российского нефтегазового машиностроения

Группа компаний «Мобильные Буровые Системы» проводит совещание с потребителями продукции и приглашает специалистов принять в нем участие.

КОНФЕРЕНЦИЯ

Встреча состоится 15-16 ноября 2007 года в городе Кунгур.
Участники совещания смогут получить полную информацию по новым разработкам продукции «МБС», позволяющей снизить затраты на строительство и обустройство скважин, обменяться мнениями по вопросам совершенствования продукции.

Тел: (34271) 2-97-43, 64-418, 64-410

mds Мобильные Буровые Системы

Подразделения холдинга:

ОАО «Кунгурский машиностроительный завод»
ОАО «Ишимбайский машиностроительный завод»
ООО «Инжиниринговая компания «Кунгурский машзавод»

- **Высокая мобильность**
- **Исключительная надёжность**
- **Безопасность эксплуатации**

АР-50



АРБ-100



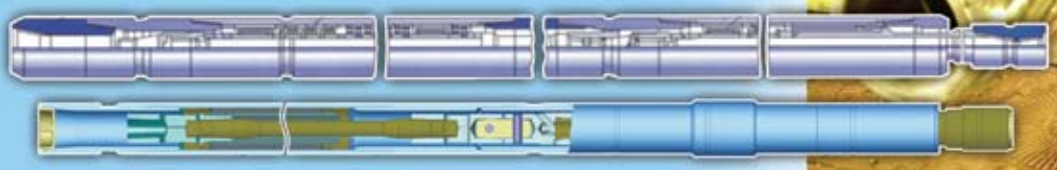
МБУ-125



Холдинг выпускает агрегаты для освоения, капитального ремонта нефтяных и газовых скважин, ведения буровых работ ротором и забойными двигателями, агрегаты и установки для бурения роторным способом структурно-поисковых скважин на нефть, газ, скважин сельско-хозяйственного и промышленного водоснабжения, водопонижения, гидрогеологии грузоподъемностью на крюке от 20 до 125 тонн (БА15, УРБ3А3, АР32/40М, АР50, АР60, УПА 60А(60х80), А60/80, А60/80М1, УПА-80, АРБ100, МБУ125)

Также компания производит турбобуры, турбобуры-отклонители в габарите от 105 до 240 мм; винтовые забойные двигатели, универсальные винтовые забойные двигатели в габарите от 76 до 240 мм





mds Mobile Drilling Systems

Россия, 119435, г. Москва, ул. Малая Пироговская, д.18, стр.1, офис 507
Тел.: + 7 (495) 101-19-23, 248-69-21
Факс: + 7 (495) 248-69-07
E-mail: info@mbs-group.ru; www.mbs-group.ru

ООО «АНЕГА-бурение», ЛУБРИОЛ, как следует из данных рисунка 2(а), показывает весьма скромные результаты. Однако наибольший интерес вызывает незакономерное поведение коэффициента липкости фильтрационной корки глинистой суспензии, обработанной ЛУБРИОЛом. Анализ динамики этого коэффициента липкости позволяет утверждать, что исследуемая фильтрационная корка слоисто-неоднородна, причем противоприхватный компонент смазочной добавки заключен в пространстве между непрозрачными для него слоями с большей липкостью.

Верхний слой – это частицы твердой фазы суспензии, достаточно крупные, чтобы оседать, преодолевая тиксотропную структуру, но достаточно мелкие, чтобы достичь поверхности корки к концу процесса фильтрации. Этот слой достаточно рыхлый, так как перепад давления, т.е. давление уплотнения, в верхней части корки в конце процесса фильтрации относительно мал и поэтому легко размывается потоком промывочной жидкости. Липкость этого слоя в 1,5 раза больше липкости поверхностного слоя базовой суспензии, что демонстрируется кривой «Б+ЛУБРИОЛ через час, без промывки» (рисунок 2(а)).

Под ним находится слой противоприхватного компонента, выделившегося в процессе фильтрации из нижерасположенных слоев фильтрационной корки, повергающихся наиболее интенсивному уплотнению. Липкость этого слоя, согласно кривым «Б+ЛУБРИОЛ через час, промывка 15 сек.» и «Б+ЛУБРИОЛ через час, промывка 30 сек.», в среднем в 1,5 раза меньше липкости поверхностного слоя базовой суспензии и, кроме того, практически не зависит от времени контакта. Это свидетельствует о гидродинамическом режиме трения модели бурильной колонны и слоя фильтрационной корки, соответствующего противоприхватному компоненту смазочной добавки. Поскольку слой противоприхватного компонента представлен подвижной жидкостью, он легко размывается потоком бурового раствора и полностью исчезает с поверхности корки при продолжительности промывки 60 сек.

После удаления слоя противоприхватного компонента трение модели бурильной колонны идет по слою фильтрационной корки, представляющему собой главным образом твердую фазу суспензии разных фракций, преобразованную модификатором проницаемости (смачивателем) и противоизносным компонентом, входящим в состав смазочной добавки. При этом коэффициент липкости, как видно по зависимости «Б+ЛУБРИОЛ через час, промывка 60 сек.», приобретает тенденцию к резкому увеличению во времени контакта с выходом на «прихват» при продолжительности контакта свыше 15 мин., оставаясь все время выше базового уровня. Такое поведение коэффициента липкости свидетельствует об образовании химических связей между металлом модели бурильной колонны и компонентами смазочной добавки, входящими в состав данного слоя корки. Образование таких связей характерно для жирных кислот, хемосорбция которых происходит как на металле, так и на породе (твердой фазе суспензии), а когезия смазочного слоя весьма значительна [4]. Из-за этого металл и порода соединяются с упрочнением своего соединения во времени, подтверждение чего мы и видим на рисунке 2(а). Примечательно то, что адсорбция жирных кислот на породе требует времени порядка суток, по истечении которого теоретически не должно оставаться свободных карбоксильных групп для взаимодействия с металлом, т.е. липкость слоя корки, модифицированного смачивателем и противоизносным компонентом, должна падать с увеличением времени с момента ввода смазочной добавки. Данный тезис находит

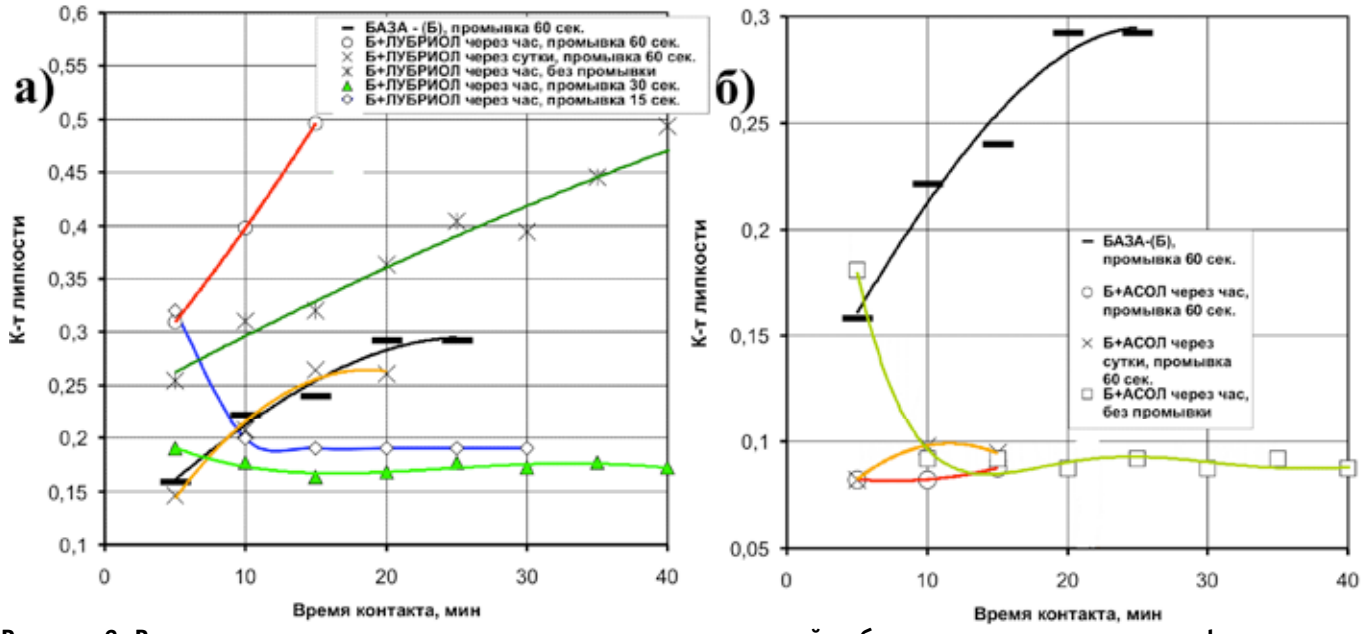


Рисунок 2. Влияние промывки и времени с момента ввода смазочной добавки на кинетику липкости фильтрационных корок, полученных из 20% водной суспензии куганакского глинопорошка, обработанной 0,5 % ЛУБРИОЛа (а) и 0,5 % адаптивного лубриканта АСОЛ (б)

Комплексное решение Ваших задач



LOTOS

Появляются новые отрасли, увеличивается количество техники, растут потребности предприятий – Lotos Oil дает Вам необходимую уверенность в удовлетворении новейших требований.

Российская промышленность изменяет свой облик. Появляются самые современные технологии, а вслед за ними – машины и оборудование, требующие широкой гаммы специальных смазочных средств, гарантирующих их долгосрочную эксплуатацию.

Lotos Oil – один из лидеров рынка масел и смазочных средств Центральной и Восточной Европы – постоянно расширяет свое предложение новыми специальными продуктами для промышленности. Это продукты высочайшего качества: моторные, трансмиссионные, гидравлические, трансмиссионно-гидравлические, турбинные, компрессорные масла, масла для обработки металлов, смазки и др.

Одновременно мы ведем непрерывную работу по расширению ассортимента наших продуктов для удовлетворения абсолютно всех нужд потребителей.

Не рискуй – доверься солидному партнеру. Lotos Oil – Ваш стратегический партнер.

Официальный Дистрибютор: **ООО «Транс Ойл»**
109004, г. Москва, ул. Николоямская, дом 40/22, строение 4, офис 509 - 510
тел.(495) 915-3146, 915-3149, факс (495) 915-3146, e-mail: nemtsev@trans-oil.ru

LOTOS Oil S.A.
ul. Elbląska 135, 80-718 Gdańsk
tel. +48 58 308 73 42, fax +48 58 308 84 77, www.lotos.eu

свое подтверждение на практике, что мы видим по кривой «Б+ЛУБРИОЛ через час, промывка 60 сек.» (рисунок 2(а)), которая практически совпадает с базовой кривой.

Таким образом, ЛУБРИОЛ – это смазочный компаунд, способный до некоторой степени приспосабливать свою структуру к внешним условиям с целью наибольшей эффективности смазочного действия. В этом его общие корни с адаптивными лубрикантами, которые позволяют нам провести сопоставление ЛУБРИОЛа с АСОЛом.

АСОЛ – это сокращение от полного наименования «Адаптивный синтетический олеофильный лубрикант». Это разработанный автором смазочный компаунд, компонентный состав которого функционально аналогичен составу ЛУБРИОЛА, однако химически он совершенно иной. Прежде всего модификатором относительной проницаемости здесь являются открытоцепные лиганды, образующие координационные, ЭДА и КПЗ комплексы с твердой фазой глинистой суспензии, полимерами и солями, присутствующими в ее непрерывной фазе. Образование таких комплексов происходит значительно быстрее хемосорбции жирных кислот и занимает менее часа. Образуемые комплексы относительно неустойчивы, могут совершать конформационные перегруппировки и менять тип субстрата, осуществляя, таким образом, ионный обмен. Бесспорным преимуществом применения данных соединений в качестве модификатора относительной проницаемости является их способность к изменению гидрофильно-липофильного баланса за счет конформационной перестройки рецептора в зависимости от полярности среды и субстрата [5]. Это позволяет организовать в сужениях поровых каналов фильтрационной корки молекулярный клапан двустороннего действия, попеременно пропускающий то воду внутрь корки к фильтру, то липофильный смазочный компонент от фильтра к поверхности корки, в зависимости от того, что именно содержится в данный момент в конкретной поре. Этим модификатор относительной проницаемости АСОЛа принципиально отличается от смачивателя, используемого в составе ЛУБРИОЛа, который снижает проницаемость порового пространства корки по углеводороду, отсекая слой противоприхватного компонента от прифильтровой части корки.

Транспорт противоприхватного компонента ЛУБРИОЛа к поверхности фильтрационной корки опирается на гравитационный эффект и эффект вытеснения, под действием которого относительно крупные глобулы углеводорода всплывают в процессе ее формирования, будучи вытеснены частицами твердой фазы суспензии. Защемление смазочного компонента в порах фильтрационной корки в данном случае просто невозможно, так как размеры частиц твердой фазы, определяющие размер пор, много меньше углеводородных глобул смазки. В случае АСОЛа размеры глобул смазочного компонента сопоставимы с размерами частиц твердой фазы суспензии, поэтому в процессе фильтрации происходит накопление смазочного материала внутри пор корки и его миграция к поверхности через клапаны молекулярной мембраны под действием давления уплотнения. Однако скорость миграции смазочного компонента АСОЛа через мембрану много меньше скорости, достигаемой при гравитационном всплытии данного компонента ЛУБРИОЛа.

Таким образом, в случае АСОЛа на момент окончания фильтрации формируется уникальная ячеистая структура верхней части корки, каркас которой образуют частицы твердой фазы суспензии, скрепленные между собой высокомолекулярным модификатором

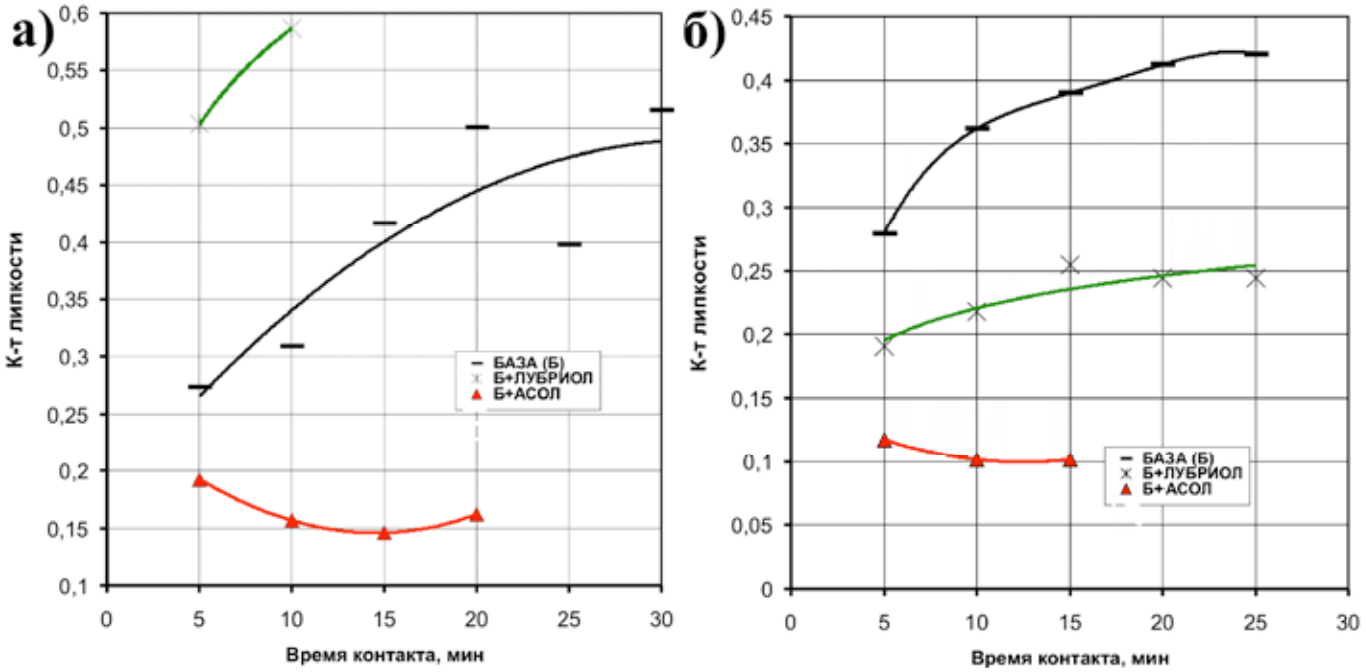


Рисунок 3. Влияние 0,5%-ных смазочных добавок на кинетику липкости промытых фильтрационных корок, полученных из 20% водной суспензии куганакского глинопорошка («ТЕКСОЙЛ» (серия-2)) (а) и той же суспензии, обработанной Камцеллом и КССБ-2М

проницаемости, а пространство внутри ячеек заполнено подвижным низкомолекулярным противоприхватным компонентом. Каркас в силу конформационной гибкости модификатора достаточно деформируемый и в тоже время достаточно прочен, чтобы противостоять размыву промывочной жидкостью. Молекулярные мембраны в узлах каркаса предотвращают гравитационное перемещение противоприхватного компонента на поверхность, но не препятствуют его вытеснению под действием деформации каркаса. Данная структура корки является молекулярным аналогом композиционного подшипника скольжения с чередованием твердой матрицы и мягкого плакирующего материала.

Как следует из данных рисунка 2(б), АСОЛ работает весьма эффективно, причем промывка фильтрационной корки положительно сказывается на ее фрикционных свойствах. В результате промывки, как видно из сопоставления кривых «Б+АСОЛ через час, промывка 60 сек.» и «Б+АСОЛ через час, без промывки» на рисунке 2(б), исчезает пик в области небольших времен контакта, обусловленный периодом прохождения противоприхватного компонента через мембрану и поверхностный слой, обедненный составляющими лубриканта. Кроме того, эффективность АСОЛа практически не зависит от времени с момента ввода добавки благодаря применению «быстрого» смачивателя. Достигаемый применением АСОЛа коэффициент липкости составляет 0,09, что вдвое ниже лучших показателей, демонстрируемых при применении ЛУБРИОЛа. В сопоставлении с базовым раствором относительное снижение коэффициента липкости в присутствии АСОЛа составляет 58,2%.

Проверка эффективности АСОЛа в более жестких условиях испытаний с использованием глинистой суспензии, приготовленной по технологии ООО «ТЕКСОЙЛ», показала аналогичный результат. Данные этой серии испытаний представлены на рисунке 3(а).

Сопоставление рисунков 2 и 3(а) показывает, что характер зависимостей коэффициента липкости и относительная разница между ними при переходе от глинистой суспензии ООО «АНЕГА-бурение» к глинистой суспензии ООО «ТЕКСОЙЛ» сохраняется. Вместе с тем полидисперсной суспензии с большим содержанием коллоидной фазы соответствуют коэффициенты липкости, кратно превышающие аналогичные коэффициенты гомогенизированной суспензии.

В полимерглинистом растворе, как следует из данных рисунка 3(б), вымываемость ЛУБРИОЛа снижается, что позволяет ему сохранять эффективность при промывке фильтрационной корки. При этом коэффициент липкости, соответствующий трению по слою противоприхватного компонента ЛУБРИОЛа, остается в два раза больше аналогичного показателя АСОЛа.

Проверка АСОЛа в серии с отечественными смазочными добавками показала результаты, представленные на рисунке 4, из которых видно, что коэффициент липкости, достигаемый применением АСОЛа как минимум в 1,8 раза ниже соответствующих коэффициентов, достигаемых применением других отечественных смазочных добавок в условиях промывки фильтрационной корки.

Таким образом, разработанный адаптивный лубрикант кратно превосходит известные как отечественные, так и импортные смазочные добавки, причем как в условиях промывки, так и при ее отсутствии. При этом наибольшее превосходство адаптивного лубриканта над известными смазочными добавками имеет место в условиях промывки. Особенно это проявляется в сопоставлении с импортными смазочными добавками, конкретно ЛУБРИОЛом, который в наибольшей мере подвержен вымыванию в отсутствие полимерных стабилизаторов в составе бурового раствора.

Как уже было сказано ранее, смазочные добавки, подверженные вымыванию с поверхности фильтрационной корки, могут сохранять свою эффективность при условии обеспечения адсорбции смазочного компонента на металл непосредственно из объема бурового раствора. С целью проверки соответствия смазочных добавок этому условию автором были проведены эксперимен-

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВОГО ИЛИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА



ООО "НПП "КОРУНД" специализируется на производстве и изготовлении приборов. На предприятии эффективно совмещаются возможности крупного производства, позволяющие решать глобальные задачи, возможности и преимущества малого предприятия – оперативное обеспечение заказчиков специализированной приборной техникой.



Вискозиметр ВБР-2 (определяет вязкость буровых растворов)
Ареометр АБР-1М (измеряет плотность буровых растворов).
Цилиндр стабильности ЦС-2 (определяет показатель стабильности бурового раствора)
Пикнометр П-1 (определяет плотность цементного раствора)
Устройство ПКН-2 (определяет коэффициент набухания глины)
Отстойник ОМ-2 (определяет процентное содержания песка в пробе глинистого раствора)
Прибор ВМ-6М (определяет водоотдачу глинистых растворов)
Конус растекаемости КР-1 (определяет растекаемость цементного теста)
КТК-2 (определяет коэффициент трения фильтрационной корки буровых растворов)
Сталагмометр СТ-2 (определяет поверхностного натяжения растворов ПАВ)
Игла ВИКА ИВ-2 (определяет сроков схватывания и определяет толщину корки цементного теста)
Прибор СНС-2М (измеряет статического напряжения сдвига глинистых растворов)
Лаборатория ЛГР-3 (контроль параметров бурового раствора)
Вискозиметр ВСН (измеряет реологические характеристики упруго-вязко-пластичных тел)

Материалы, реагенты и технологические жидкости для бурения, заканчивания и ремонта скважин
Буровые регенты: КССБ, ФХЛС, Лигнотин, Неонол СНО-3Б, Графит, ПКД-515, Неонол СНО-3, ГКЖ, НТФ кислота, КМЦ, ПАЦ, Сода, Эмульгаторы, Кальций хлористы, Гипан, Гивпан, ПАВ, Биополимеры, Ингибированные кислоты, поглотители сероводорода.
Цементы и материалы для скважин: Цемент тампонажный ПЦТ (все марки), Расширяющая добавка ДР-100, Крепь
Пеногасители: ПЭС-1, Пента-465, ТБФ, СОФЭКСИЛ
Смазочные добавки: СМАД, ФК-2000, ФК-1, ДСБ-4ТТП
Глинопорошки: ПБМА, ПБМБ, ПБМВ и др.
Дезмульгаторы-Ингибиторы коррозии-Бактерициды: Викор, Нефтехим, ИКБ, СНПХ, Альпан, Амфикор, Реапон, Бактерициды

www.korund-ufa.ru
КОРУНД

тальные исследования динамического коэффициента трения стали в среде глинистой суспензии по методике API [2]. Результаты этих исследований представлены на рисунке 5.

На рисунке 5 отчетливо видно, что зависимости коэффициента трения, соответствующие АСОЛу и ЛУБРИОЛу, имеют характерные отличия. У ЛУБРИОЛа они повторяют форму базовой зависимости, смещаясь параллельно вниз, что свойственно смазочным добавкам, снижающим трение в среде суспензий посредством модификации поверхности абразива. Отсюда видно, что смазочный компонент ЛУБРИОЛа адсорбируется главным образом на породе, т.е. трение происходит в смешанном режиме без образования непрерывного слоя смазки на поверхности стали. При таком режиме трения шероховатость поверхности стали существенно сказывается на коэффициенте трения, из-за чего кривая «Б+ЛУБРИОЛ после базы» проходит существенно выше кривой «Б+ЛУБРИОЛ после воды». Это связано с заполировкой поверхности стали при трении в неабразивной среде, каковой является вода, и, наоборот, царапанию поверхности стали (хонингованию) при трении в абразивной среде, каковой является глинистая суспензия.

В среде глинистой суспензии, обработанной АСОЛом, процесс трения протекает преимущественно в гидродинамическом режиме, которому соответствует форма зависимости коэффициента трения от удельной нагрузки, близкая к прямой, как это имеет место в случае зависимости «Б+АСОЛ после базы» на рисунке 5. Для такого режима трения наличие микроцарапин на поверхности стали способствует лучшему удержанию на ней смазочного слоя и соответственно стабилизации коэффициента трения при высоких удельных нагрузках. Поэтому при полировке поверхности стали при трении в среде воды эффективность АСОЛа снижается, что находит свое подтверждение в форме кривой «Б+АСОЛ после воды» на рисунке 5.

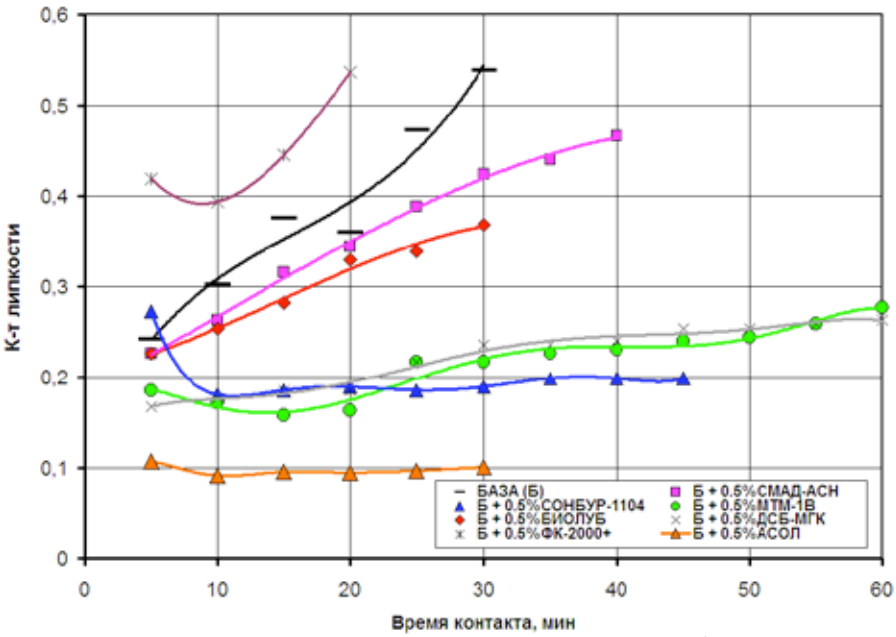


Рисунок 4. Влияние 0,5%-ных отечественных смазочных добавок на кинетику липкости промытых фильтрационных корок, полученных из 20%-ной водной суспензии куганакского глинопорошка («ТЕКСОЙЛ» (серия-1))

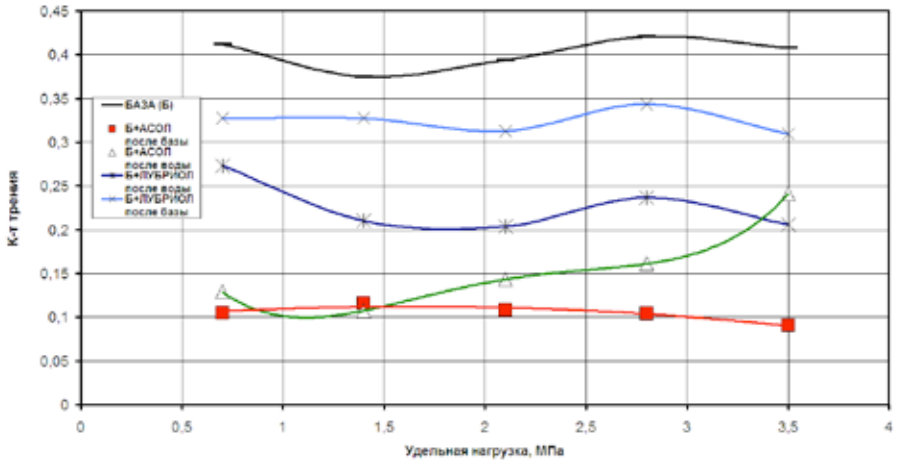


Рисунок 5. Влияние удельной нагрузки и хонингования на динамический коэффициент трения стали в среде 20% водных суспензий куганакского глинопорошка («АНЕГА»), обработанных 0,5% смазочных добавок

Таким образом, АСОЛ не утрачивает своего противоприхватного действия даже в том случае, если по какой-то причине транспорт противоприхватного компонента через мембрану оказался нарушен, так как срабатывает смазочный слой на поверхности металла. В отличие от него ЛУБРИОЛ оставляет металл без устойчивой защиты, поэтому при смыве слоя противоприхватного компонента с поверхности фильтрационной корки или сальника велика возможность прихвата труб.

Эффективность антифрикционного действия АСОЛа при динамическом трении основана на органических нанокристаллах, образующих с металлом координационные комплексы. Нанокристаллы возникают при циклизации модификатора проницаемости в условиях высоких температур и давлений, имеющих место в зоне трения. Таким образом, обеспечивается еще один механизм адаптации лубриканта к условиям работы. Получаемые в зоне трения олигоциклические криптанды образуют гораздо более прочные комплексы с металлом, нежели поданды праформы модификатора проницаемости АСОЛа. При этом трение обеспечивается путем скольжения нанокристаллов, не закрепленных на поверх-

ности металла, по поверхности уже закрепленных. До известной степени это напоминает сервовитную пленку металлоплакирующих добавок, образуемую на поверхностях трения, локализующую в себе деформации и компенсирующую таким образом неровности трущихся поверхностей. Однако свойства нанокристаллов таковы, что защита ими поверхностей трения от действия абразива гораздо более совершенна. Образование нанокристаллов интенсифицируется при ужесточении режима трения, из-за чего соответствующая зависимость коэффициента трения имеет тенденцию к снижению в области высоких нагрузок, что видно на рисунке 5.

В то же время имеется проблема, связанная с образованием координационных комплексов, так как для этого молекула кристалла должна занять нужное пространственное положение, что затруднено при динамическом трении. На хонингованной поверхности комплексы сначала образуются в полостях царапин, тогда как на полированной поверхности их образование – проблема, что подтверждается данными рисунка 5. Поэтому наибольший эффект применения АСОЛа достигается в высокоабразивных средах утяжеленных буровых растворов или глинистых суспензий из низкокачественных глинопорошков.

В настоящее время налажено опытное производство буровой модификации АСОЛа, выпускаемой под торговой маркой «БУСМА» по ТУ 2458-122-00151807- 2007, которая прошла соответствующие независимые лабораторные испытания в ОАО «Азимут» и ООО «АНЕГА-бурение», результаты которых частично отражены в данной статье. При этом стоимость адаптивного лубриканта не превышает стоимости известных отечественных смазочных добавок при кратно более высокой эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.Я. Разработка адаптивных смазочных добавок для буровых растворов на водной основе. Нефтегазовое дело, 2007, т.5, №7, с.52-57.
2. RP 13I, Standard Procedure for Laboratory Testing Drilling Fluids, fourth edition, API, Washington, D.C. (1990).
3. СТО Газпром 2-3.2-012-2005 Буровые растворы. Методика выполнения измерений коэффициента сдвига глинистой корки на приборе ФСК-4 (взамен РД 00158758-12-98).
4. Шехтер Ю.Н., Крейн С.Э., Тетерина Л.Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. - М.: Химия 1978. - 304 с.
5. Mukoyama Y., Tanno T. Org. Coating & Plastics Chem., 40, 894 (1979).



ЭНЕРГОМАШ

ПК «Сибэнергомаш» (Барнаул) – одно из ведущих предприятий России по производству оборудования для объектов энергетики, металлургии, нефтехимии, производства строительных материалов и других отраслей промышленности.

ПК «Сибэнергомаш» производит:
- котлы энергетические и промышленные паропроизводительностью от 50 до 800 т/ч;
- котлы водогрейные тепловой производительностью 30, 50, 100, 180 Гкал/ч;
- котлы-утилизаторы водогрейные тепловой производительностью 10 и 20 Гкал/ч для работы с ГТУ мощностью от 2,5 до 16 МВт;
- котлы-утилизаторы паровые паропроизводительностью 18 и 43,6/6,1 т/ч.

Котлы обеспечивают сжигание любых видов топлива; в том числе:
- бурых низкокалорийных высоковлажных углей и лигнитов;
- сильношлакующих углей;
- высокозольных углей с абразивной золой;
- газа и мазута;
- мусора, бытовых и древесных отходов.

Для решения экологических проблем:
- применяются технологические методы подавления образования оксидов азота в факельных топках;
- осуществляется сжигание твердого топлива в стационарном (КС) и циркулирующем (ЦКС) кипящих слоях со связыванием в процессе горения оксидов серы и подавлением образования оксидов азота.

Тягодутьевые машины (ТДМ)
- Дымососы
- Вентиляторы

Производство ПК «Сибэнергомаш» сертифицировано по международному стандарту качества ISO 2001.

Потребители: РАО ЕЭС России, предприятия промэнергетики; жилищно-коммунальное хозяйство

656037, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Калинина, 26
тел: (3852) 77-75-20 | факс: (3852) 77-01-65
e-mail: par@energomash.ru

WWW.ENERGOMASH.RU

