

УДК 622.244.4

Щербин Сергей Анатольевич,  
к.т.н., доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: dekan\_ftk@angtu.ru

## СМАЗОЧНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

*Shcherbin S.A.*

### LUBRICANT ADDITIVE FOR DRILLING FLUIDS BASED ON LOCAL RAW MATERIALS

**Аннотация.** Статья посвящена применению смазочных добавок к буровым растворам с целью снижения энергозатрат на преодоление трения, уменьшения износа оборудования и количества прихватов бурового инструмента. Рассматривается технология приготовления экологически чистой смазочной добавки на основе местного растительного сырья – побочного продукта масложиркомбинатов.

**Ключевые слова:** бурение, промывка скважин, буровой раствор, смазочные добавки.

**Abstract.** The article is devoted to the use of lubricating additives to drilling fluids in order to reduce the energy consumption to overcome friction, reduce the wear of equipment and the number of tacks of drilling tools. The technology of preparation of an environmentally friendly lubricant additive based on local vegetable raw materials – a by-product of oil and fat combines is considered.

**Keywords:** drilling, well flushing, drilling mud, lubricants.

Современные условия бурения характеризуются высокими требованиями к экологической безопасности строительства скважин, разнообразием геологического строения месторождений, ростом доли скважин со сложнопостроенными коллекторами небольшой толщины, а также увеличением объемов бурения наклонных и горизонтальных скважин.

Качество вскрытия продуктивных пластов во многом зависит от свойств промывочной жидкости. Поэтому большое значение в технологии бурения скважин уделяется вопросам получения и использования буровых растворов, свойства которых можно изменять путем введения различных добавок. В частности, для снижения энергозатрат на преодоление сил трения, уменьшения износа оборудования и количества прихватов бурового инструмента применяются смазочные добавки.

В настоящее время известно множество смазочных материалов, предназначенных для бурения, однако многие из них не нашли применения. Например, высокоэффективные смазочные добавки на основе продуктов и отходов переработки нефти (СМАД-1, СГ, СЖК) практически не применяются из-за плохих санитарно-токсикологических характеристик и высокой пожароопасности. С точки зрения охраны окружающей среды актуальным представляется производство сма-

зочных добавок на основе растительного сырья. Так, при буровых работах на Ковыктинском газоконденсатном месторождении хорошо зарекомендовала себя смазочная добавка ФК-2000, получаемая омылением жиров растительных масел с последующим добавлением жирных кислот, оксиэтилированных окисью этилена. Проведение процесса оксиэтилирования под избыточным давлением, дороговизна окиси этилена, а также отдаленное расположение производителя ФК-2000 (Краснодарский край) от Ковыктинского месторождения, обуславливают большие расходы на приобретение и доставку этого продукта. Поэтому возникает задача разработки технологии приготовления смазочных добавок к буровым растворам на основе местного сырья.

Получены экологически чистые смазывающие добавки на основе растительного сырья – побочного продукта масложиркомбинатов, называемого соапстоком. Соапсток образуется при щелочной нейтрализации жиров и растительных масел и содержит водный раствор щелочных солей жирных кислот, свободные жирные кислоты, масло, соединения фосфора, красящие вещества и др.

Экспериментальная установка состояла из вертикальных реакторов с перемешивающими и теплообменными устройствами, а также термостата, электродвигателя постоянного тока, тахометра и выпрямительного

блока, позволяющего регулировать частоту вращения мешалок.

Процесс получения добавок проводился под атмосферным давлением и состоял из трех стадий: омыления эфиров жирных кислот триглицеридов едким калием, синтеза сложных эфиров жирных кислот и полипропиленгликоля, смешения полученных в первой и второй стадиях продуктов. Конечный продукт – смазочная добавка на основе соапстока в виде вязкой жидкости от светло-желтого до коричневого цвета с запахом подсолнечного масла представляет собой смесь водного раствора нейтрализованных высших жирных кислот (калиевые мыла), свободных (не нейтрализованных) жирных кислот, а также сложных эфиров жирных кислот и полипропиленгликоля. Калиевые мыла и сложные эфиры жирных кислот и полипропиленгликоля являются поверхностно-активными веществами анионного и неионогенного действия, соответственно.

Использование доступных компонентов и проведение процесса под атмосферным давлением обуславливает меньшую себестоимость предлагаемой смазочной добавки по сравнению с аналогами.

Качествоготавливаемых добавок оценивалось по величине коэффициентов трения и поверхностного натяжения буровых растворов. Сравнение поверхностного натяжения полученных образцов смазочной добавки и добавки ФК-2000 показано на рисунке 1. Видно, что при одинаковой концентрации смазочных добавок в буровых растворах поверхностное натяжение последних практически не отличается. Наименьшие значения поверхностного натяжения наблюдаются при концентрации смазочной добавки в буровом растворе не менее 2 %. Увеличение концентрации незначительно изменяет межфазное натяжение и соответственно не целесообразно по экономическим соображениям.

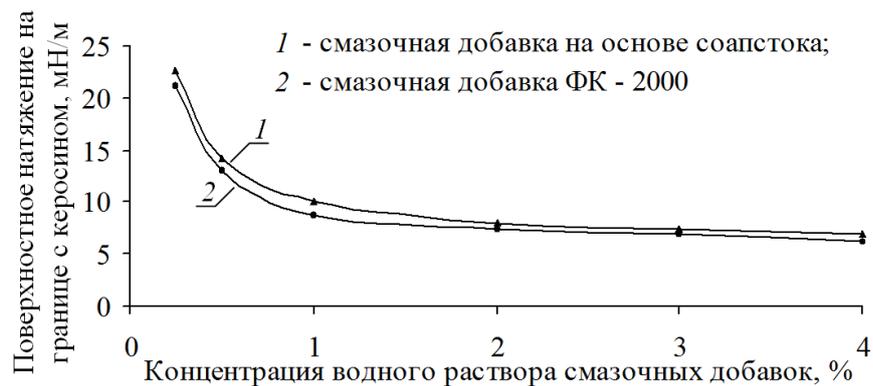


Рисунок 1 – Зависимость поверхностного натяжения водных растворов смазочных добавок от концентрации.

Таблица 1 – Зависимость технических параметров бурового раствора от концентрации компонентов

| Компонентный состав бурового раствора, % |                   |                     |              |  | Параметры раствора                |                 |                           |                          |                          |
|--|-------------------|---------------------|--------------|--|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| К-МКМЦ                                   | AlCl <sub>3</sub> | Нейтрализованные ЖК | Свободные ЖК | Сложные эфиры ЖК и полипропиленгликоля | Φ <sub>30</sub> , см <sup>3</sup> | К <sub>тр</sub> | СНС <sub>1/10</sub> , дПа | η <sub>эф.</sub> , мПа·с | η <sub>пл.</sub> , мПа·с |
| 2,0                                      | 0,12              | 4,5                 | 4,5          | 1,2                                    | 5,0                               | 0,18            | 22/40                     | 117                      | 56                       |
| 1,5                                      | 0,09              | 5,5                 | 4,5          | 0,8                                    | 5,5                               | 0,15            | 25/37                     | 123                      | 58                       |
| 1,5                                      | 0,09              | 4,0                 | 5,5          | 1,0                                    | 4,5                               | 0,04            | 19/24                     | 98                       | 50                       |
| 1,0                                      | 0,06              | 3,5                 | 6,0          | 1,0                                    | 4,0                               | 0,01            | 13/20                     | 93                       | 48                       |

Чрезвычайно высокие требования предъявляются к транспортирующей и удерживающей способностям буровых растворов. Такие свойства растворов связаны с выбором типа структурированной промывочной системы, обеспечением эффективного регулиро-

вания ее технических свойств. В известных полимерных гелях на основе производных полисахаридов или биополимеров структурно-механическими единицами являются макромолекулы, которые за счет ионных, ион-дипольных или водородных связей участву-

ют в построении единой пространственной сетки. Такие полимер-сшитые системы отличаются высокими структурными и псевдопластичными свойствами, благодаря которым обеспечиваются высокие скорости бурения и эффективная очистка забоя и ствола скважины. Однако подобные системы нуждаются в улучшении технических характеристик (поверхностно-активные, смазочные, ингибирующие свойства), что достигается введением соответствующих функциональных добавок. Вязкопластичную природу имеют также гели на основе концентрированных растворов ПАВ, которые обладают хорошими техническими свойствами, но характеризуются невоспроизводимой реологией при сдвиговых или термических воздействиях. С точки зрения оптимизации технологии вскрытия продуктивных пластов наиболее эффективны мицеллярные растворы неионогенных ПАВ, обеспечивающие наилучшую гидрофобизацию продуктивных коллекторов и создание капиллярного притока нефти к забою скважины.

Было проведено исследование технических свойств бурового раствора, представляющего собой полимер-мицеллярный гидрогель и приготовленного с использованием двух реагентов: полимерного загустителя – калиевой соли метилкарбоксиметилцеллюлозы (К-МКМЦ) и смазочной добавки на основе мыла.

Качество приготовленных буровых растворов оценивали по следующим показателям [1]:

- показатель фильтрации (водоотдачи) за 30 минут ( $\Phi_{30}$ , см<sup>3</sup>), косвенно характеризующий способность бурового раствора отфильтровываться через стенки ствола скважины;

- статическое напряжение сдвига за 1 и 10 минут ( $\text{СНС}_{1/10}$ , дПа) – показатель, характеризующий прочность структуры и интенсивность упрочнения ее во времени;

- вязкость эффективная ( $\eta_{\text{эф}}$ , мПа·с) – величина, косвенно характеризующая вязкостное сопротивление бурового раствора при определенной скорости сдвига;

- вязкость пластическая ( $\eta_{\text{пл}}$ , мПа·с) – условная величина, показывающая долю эффективной вязкости, которая возникает вследствие структурообразования в потоке бурового раствора;

- коэффициент трения ( $K_{\text{тр}}$ ), характеризующий смазочные способности раствора.

Основным структурообразующим элементом (дисперсной фазой) исследуемого бурового раствора является гидрофобная поверхность полисахаридного каркаса, гидрофильные полости внутри которого заняты смешанными мицеллами ПАВ, образующими ионные связи с карбоксильными группами К-МКМЦ, и внутри которых солюбилизируются свободные жирные кислоты. При этом молекулы неионогенного ПАВ вступают в комплексобразование с молекулами анионного ПАВ посредством поданных взаимодействий между атомами кислорода оксипропильной цепочки и неорганическими противоионами ( $\text{K}^+$ ), что приводит к снижению критической концентрации мицеллообразования нейтрализованных ЖК и увеличению концентрации мицеллярных структур [2].

Результаты исследования технических характеристик гидрогелей, полученных на основе К-МКМЦ и смазочных добавок различного состава, представлены в таблице 1.

Установлено [3], что повышение массовой доли нейтрализованных ЖК позволяет добиться уменьшения содержания полимерного стабилизатора (К-МКМЦ) и неионогенного эмульгатора (сложные эфиры ЖК и полипропиленгликоля) при неизменной концентрации гидрофобного солюбилизиата (ЖК). При этом происходит повышение псевдопластичных и смазочных свойств системы, но одновременно несколько увеличивается водоотдача.

Увеличение концентрации свободных ЖК приводит к снижению сдвиговых и псевдопластичных свойств, но при этом улучшаются смазочные и антифильтрационные показатели растворов. Повышение массовой доли свободных ЖК вызывает возрастание смазочных способностей системы в большей степени, чем увеличение концентрации нейтрализованных ЖК. Это можно объяснить тем, что действие готовых мыл как компонента смазочной добавки менее эффективно, чем не нейтрализованных ЖК, которые образуют органометаллические мыла непосредственно в зоне трения бурового инструмента. При этом степень нейтрализации ЖК в смазочной добавке должна быть не менее 0,3-0,45, чтобы обеспечить наиболее полную растворимость свободных ЖК в водном буровом растворе и доставить их к поверхностям трения.

Система безглинистого водного бурового раствора за счет синергетического влияния входящих в нее компонентов сочетает в себе высокие структурные и псевдопластичные свойства, характерные для биополимерных растворов, а также значительные противofильтрационные и смазочные характеристики, свойственные насыщенным

эмульсионным системам. Оптимизировать свойства данного раствора можно варьированием содержания компонентов. Кроме того, входящие в состав раствора буровые реагенты являются экологически безопасными и по классификации токсичности могут быть отнесены к 4 классу «Малоопасные вещества».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 39-2-645-81 «Методика контроля параметров буровых растворов».

2. **Пеньков, А.И.** Повышение эффективности действия смазочных добавок для буровых растворов / А.И. Пеньков, Л.П. Вахрушев, В.Н. Кошелев и др. // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 33-35.

3. **Нисковская, М.Ю.** Пространственно структурированный водный безглинистый буровой раствор / М.Ю. Нисковская, С.А. Щербин, Н.В. Чернецкая, Б.А. Ульянов // Сборник научных трудов АГТА. – 2001. – Т. 1 – № 1 – С. 140-143.