



# Применение синтетического полимерного волокна для увеличения эффективности выноса шлама при бурении долотами PDC



**В.А. ГОРПИЧЕНКО,**  
к.х.н., инженер лаборатории  
буровых растворов

ООО НПП «БУРИНТЕХ»



**М.Р. ДИЛЬМИЕВ,**  
начальник службы буровых  
растворов

ООО НПП «БУРИНТЕХ»

bit@burinteh.com

**В последнее время на месторождениях Западной Сибири широко распространение получили долота типа PDC. Обладая высокой износостойкостью и работоспособностью, долота обеспечивают кратное увеличение проходки за долбление, многократно повышая при этом механическую скорость бурения. Это в свою очередь определяет ряд проблем, связанных с плохой очисткой ствола скважины от выбуренной породы.**

## USING OF SYNTHETIC POLYMERIC FIBER TO INCREASE EFFICIENCY OF CUTTINGS LIFTING DURING DRILLING WITH PDC BITS

V. GORPINCHENKO, M. DILMIEV, Burintech SPE Co. Ltd.

The article examines laboratory and field tests of new perspective reagent – synthetic polymeric fiber to increase efficiency of cuttings lifting during drilling with PDC bits.

Keywords: drilling with PDC bits, drilling fluid, cleaning of well-bore, fiber filament, synthetic polymeric fiber

Эффективность очистки ствола скважины является одним из основных факторов, обеспечивающих безаварийный процесс строительства скважины и оказывающих существенное влияние на стоимость и продолжительность бурения. Неэффективная очистка скважины приводит к накоплению шлама в стволе, что служит причиной возникновения серьезных проблем, ликвидация которых может потребовать больших затрат, многократно превышающих затраты на превентивные мероприятия по улучшению очистки ствола скважины. Одной из наиболее распространенных проблем, вызванных скоплением шлама в скважине, является механический прихват бурильной колонны (примерно 1/3 всех прихватов в скважинах с не искривленным стволом связаны с проблемой очистки ствола. В скважинах с большим zenithным углом – более 80%).

Бурение при неполном выносе шлама приводит к образованию так называемых шламовых подушек, которые при подъеме бурильной колонны перемещаются вместе с более широкой частью КНБК. В результате чего происходит закупоривание кольцевого пространства, сопровождающееся затяжками, которые могут привести к прихвату с полной потерей циркуляции.

Неудовлетворительная очистка забоя скважины является основной причиной саль-

никообразования. Появление сальников, в свою очередь, также приводит к прихватам бурильной колонны с потерей циркуляции, что как правило существенно снижает механическую скорость бурения, а также из-за уменьшения гидродинамического диаметра вызывает повышение давления на насосе и забое.

Кроме этого скопление шлама в скважине приводит к повышению крутящего момента и аксиального трения бурильной колонны, что вызывает «подвисание» бурильной колонны и недоход нагрузки на долото.

Из-за диспергирования шлама и насыщения раствора твердой коллоидной фазой, негативно действующей на проницаемость призабойной зоны пласта, повышается стоимость бурового раствора.

«Шламовые подушки» вызывают посадки при спуске бурильной колонны и зарезке второго ствола.

Скопившийся в скважине шлам значительно осложняет проходимость каротажных приборов, что нередко приводит к необходимости дополнительной проработки скважины, а также вызывает проблемы при спуске обсадных колонн, препятствует формированию качественного цементного камня и контакта на границе горная порода – цементный камень. Основным условием выноса шлама при бурении вертикальной скважины явля-

ется превышение скорости восходящего потока над скоростью оседания твердых частиц в используемом растворе. Определить скорость оседания твердых частиц в жидкости можно с использованием известной формулы Стокса:

$$V_s = \frac{1}{18} g D_s^2 (\rho_s - \rho_l) \eta_{\text{эф}}^{-1},$$

•  $\eta_{\text{эф}}$  рассчитывается для средней скорости сдвига на частице  $6V_s / \pi D_s$ .





- $D_s$  – диаметр частицы,
- $\rho_s$  – плотность частицы,
- $\rho_L$  – плотность жидкости.

Как видно, скорость оседания частицы в жидкости зависит от разности плотностей частицы и жидкости, размера частицы и вязкости жидкости. Фактически при течении раствора со скоростью, равной значению, рассчитанному по формуле Стокса, твердая частица будет находиться в равновесии, а превышение скорости раствора над полученным значением обеспечит транспорт шлама наверх. Однако это формула справедлива при  $Re \leq 1$ .

Для условий  $Re > 1$  используют формулу Риттингера:

$$V_s = k \left[ g D_s \left( \frac{\rho_s}{\rho_L} - 1 \right) \right]^{1/2}; \quad k = 2(3C)^{-1/2}$$

$$C = \frac{24}{Re} \text{ для ламинарного режима при } Re < 1$$

$$C = \frac{24}{Re^{0,75}} \text{ для переходного режима при } 1 \leq Re \leq 100$$

$$C = 1,12 \text{ для турбулентного режима при } Re > 100.$$

Обеспечение выноса шлама при бурении наклонно-направленных скважин является значительно более сложной задачей, чем при бурении вертикальных скважин. Увеличение угла наклона скважины меняет направление оседания частиц шлама от оси скважины к радиальному, что снижает эффективность выноса шлама потоком и способствует накоплению шлама на нижней стенке скважины.

Одним из факторов, оказывающих существенное негативное влияние на эффективность выноса шлама, является неравномерный профиль скоростей потока в кольцевом пространстве, при эксцентричном расположении колонны бурительных труб относительно оси скважины (рис. 1).

На левом рисунке показан пример профиля скоростей при отсутствии эксцентриситета бурительной колонны относительно ствола. В концентричном затрубном пространстве скорость движения раствора равномерно распределена относительно бурительной колонны, а вместе с ней и энергия раствора, обеспечивающая вынос шлама. На правом рисунке показан профиль скоростей, имеющий совершенно иную форму. Смещение профиля скоростей вызвано эксцентричным расположением бурительной колонны в стволе скважины, что характерно для наклонно-направленного бурения. В результате смещения профиля максимальная скорость потока достигается над бурительной трубой. А скорости потока в левом и правом пространствах относительно колонны труб остаются минимальными, что способствует накоплению шлама в этих зонах и образованию так называемых «застойных зон».

При прочих равных условиях изменения профиля скоростей в кольцевом пространстве можно достичь с помощью регулирования реологических характеристик промывочной жидкости. Таким образом, пресные диспергируемые растворы с более высокой вязкостью (где вязкость формируется за счет бентонита и эфиро-целлюлозных полимеров) в значи-

тельной степени уступают в способности к очистке ствола наклонно-направленных скважин малоглинистым ингибированным растворам, которые обработаны разветвленными полимерами и обладают меньшей пластической вязкостью и вязкостью по воронке Марша. Это вызвано тем, что из-за высокого степенного коэффициента реологической модели течения диспергируемого глинистого раствора профиль скорости течения способствует образованию застойных зон и шламовых постелей.

Таким образом, существует несколько факторов, влияющих на очистку скважины. Наибольшее влияние на вынос шлама оказывает профиль скважины. Но в процессе бурения отклоняться от заданного профиля нельзя и поэтому регулирование этого фактора не представляется возможным.

На втором месте по важности для очистки наклонно-направленных скважин находится движение бурительной колонны. Без вращения бурительной колонны нельзя быть уверенными, что выбуренный шлам выносится из наклонно-направленной скважины полностью.

Следующим фактором, определяющим качество очистки скважины, является скорость потока в затрубном пространстве. Влиять на скорость восходящего потока можно с помощью изменений диаметра долота, внешнего диаметра бурительных труб и подачи буровых насосов.

Четвертым по значимости фактором, оказывающим влияние на очистку скважин, является реология бурового раствора. Чрезмерное завышение реологических свойств раствора приводит к появлению таких явлений, как: свабирование; поршневание; к циклическому гидродинамическому воздействию на породу, слагающую стенки скважины, вызывающему потерю устойчивости ствола; повышению давления на насосе и в скважине; снижению механической скорости. Увеличение реологических параметров ведет также к значительным затратам, связанным, в первую очередь, с применением дорогостоящих биополимеров, придающих буровому раствору уникальный реологический профиль, позволяющий обеспечить удовлетворительную очистку ствола скважины от выбуренного шлама.

Основным направлением деятельности лаборатории буровых растворов ООО НПП «БУРИНТЕХ» является работа по поиску технологических решений в области промывочных жидкостей для оптимизации и улучшения показателей производимых предприятием PDC-долот. Одним из основных направлений, способствующих увеличению механической скорости бурения и проходки на долото, является эффективная очистка ствола скважины путем качественного выноса выбуренной породы.

В результате проведенных исследований по подбору потенциально перспективных реагентов среди них был найден очень интересный реагент – синтетическое полимерное волокно «Микрофибра». Данный материал представляет собой специально обработанные гидрофилизированные синтетические волокна, химически инертные и не токсичные, полностью совместимые как с водным, так и растворами на углеродной (синтетической) основе.

Как видно на рис. 2, материал достаточно быстро размешивается и равномерно распределяется в объеме бурового раствора.

Отличительной особенностью данного реагента является то, что при введении в раствор он абсолютно не влияет на его реологические параметры, но при этом существенно увеличивает его выносную способность. Таким образом, в отличие от высоковязких удаляющих шлам полимеров, синтетическое волокно может быть использовано без риска увеличения вязкости даже сильно утяжеленного раствора так часто, как это необходимо.

В продолжение исследований лабораторией буровых растворов ООО НПП «БУРИНТЕХ» разработаны регламент и программа по использованию данного реагента.

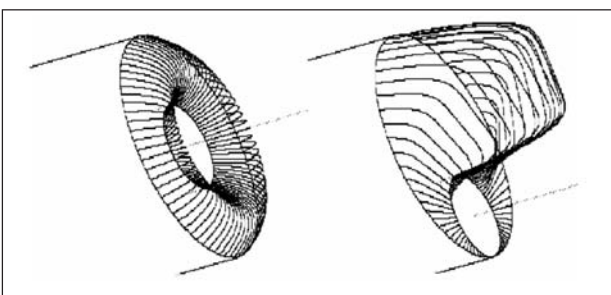


Рис. 1. Примеры профиля скоростей потока жидкости



Рис. 2. Лабораторные испытания реагента «Микрофибра»

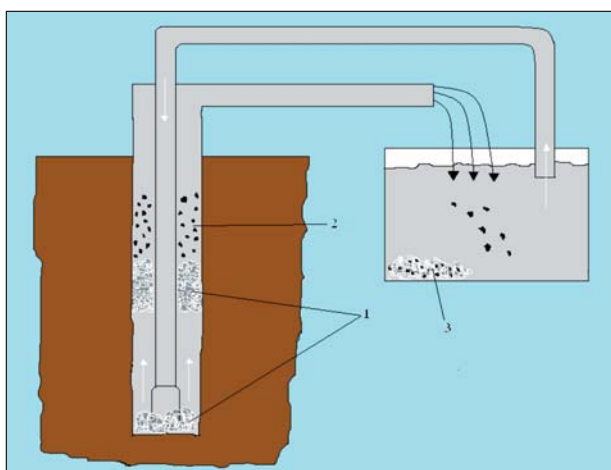


Рис. 3. Схема процесса промывки скважины буровым раствором с применением реагента «Микрофибра»

Схематически процесс промывки скважины буровым раствором с применением реагента «Микрофибра» выглядит следующим образом (рис. 3).

Рекомендуется использование волокна в составе предварительно приготовленных очищающих пачек в количестве, зависящем от ожидаемого уровня бурового шлама (от механической скорости бурения).

В отдельной емкости готовится пачка, состоящая из бурового раствора и реагента «Микрофибра» в необходимой концентрации (рис. 4). Затем очищающая пачка прокачивается через скважину буровыми насосами. Волокна и поднятые с забоя перемещаемые с ее помощью остатки горной породы подаются на вибрационные сита или сбрасываются в шламовый амбар.

Для полевых испытаний реагента «Микрофибра» была выбрана система бурового раствора «СКИФ+», разработанная службой буровых растворов ООО НПП «БУРИНТЕХ» для бурения долотами PDC. Данный буровой раствор разработан на основе акриловых полимеров с высоким и средним молекулярным весом, которые используются для снижения водоотдачи раствора, улучшения и стабилизации реологических характеристик.

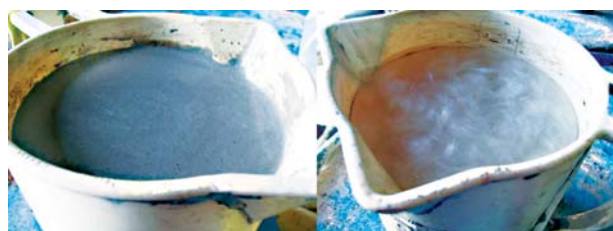


Рис. 4. Пример распределения реагента «Микрофибра» в буровом растворе

Испытания реагента проводились в процессе бурения на Фестивальном месторождении, куст №1Б, под эксплуатационную колонну в интервале 1063 – 3240 м (табл.).

Первую пачку ВУС закачивали в процессе бурения, две последующие – перед СПО.

1-я пачка: забой 2216 м КНБК: БИТ 215,9 ВТ 613.10 / ДР-172БМ7/8(0,82)-8,4 м / ЗТС / СБТ 127-738 м / ЛБТ 147-ост;

2-я пачка: забой 2387 м КНБК: БИТ 215,9 ВТ 613.10 / ДР-172БМ7/8(0,82)-8,4 м / ЗТС / СБТ 127-738 м / ЛБТ 147-ост;

3-я пачка: забой 3240 м КНБК: БИТ 215,9 ВТ 613.10 / ДР-172БМ7/8(0)-8,4 м / СБТ 127-738 м / ЛБТ 147-ост.

В ходе полевых испытаний получены следующие данные:

- Во всех случаях в процессе закачки давление не менялось.

- На выходе пачки наблюдалось повышенное содержание шлама.

Табл. Информация по скважине (куст №1Б Фестивального месторождения)

Глубина скважины по стволу, м	3240
Глубина скважины по вертикали, м	3065
Проектный пласт	Ю1
Кровля проектного пласта по вертикали, м	2978
Проектный отход, м	865.37
Магнитный азимут, град.	217.40
Профиль скважины	наклонно-направленный

- Во время закачки сигнал телесистемы не изменился.

- При разборке КНБК элементы не были забиты фиброволокном.

**Основные преимущества применения реагента «Микрофибра»:**

- Уменьшаются затраты на очистку ствола скважины по сравнению с использованием дорогостоящих полимеров.

- Появляется возможность использования в любом интервале бурения скважины.

- Волокна и захваченный ими шлам легко отделяются системой очистки бурового раствора.

- Это экономичный метод очистки ствола, предшествующий обсадке скважины.

- Профилактика сальникообразования при бурении верхних интервалов, сложенных активными глинами.

- Реагент химически совместим со всеми типами буровых растворов.

- Температурная стабильность до 150 °С. ■

**Ключевые слова:** бурение долотами PDC, буровой раствор, очистка ствола скважины, фиброволокно, синтетическое полимерное волокно