

Особенности накопления шлама в наклонных и горизонтальных скважинах

Иванов А.Н.

Научный руководитель - Логачев Ю.Л.

г. Ухта, УГТУ

Обязательное требование к процессу промывки скважин - выполнение функции транспортировки шлама на дневную поверхность. Чем выше скорость циркуляции, плотность и вязкость бурового раствора, тем более интенсивно осуществляется гидротранспорт шлама от забоя на дневную поверхность. Поэтому регулировать скорость выноса шлама из скважины можно, изменяя подачу насосов, плотность и вязкость бурового раствора.

При бурении горизонтальных участков ствола скважины задача реализации технологии ее очистки от шлама существенно усложняется, так как действующие на частицы шлама гравитационные силы меняют свое направление с осевого при вертикальных скважинах на радикальное, что не учитывается существующими и применяемыми на практике гидроаэромеханическими программами, рассчитанными на условия бурения вертикальных скважин. Это обстоятельство является основной причиной, приводящей к интенсивному оседанию частиц шлама на нижней стенке ствола скважины и, как следствие, частичной потере циркуляции промывочной жидкости, а в ряде случаев сопряжено с возникновением аварийных ситуаций, связанных с прихватом бурильного инструмента.

Транспортировка шлама – это очень сложная проблема, которую активно исследовали в течение последних 30-40 лет. Рисунок 1-2 иллюстрирует механизм транспортировки шлама для различных диапазонов зенитного угла наклонных скважин.

Трудность прогнозирования транспортировки шлама состоит в выборе надлежащего значения критерия Рейнольдса. Различают три режима течения в окрестности твердой частицы: ламинарный, переходный и турбулентный. Практическое правило таково: если режим течения жидкости в кольцевом пространстве турбулентный, то и режим обтекания падающей частицы тоже будет турбулентным. В зависимости от геометрических особенностей частицы и вязкости жидкости режим обтекания частицы, падающей в ламинарном потоке, может быть турбулентным, переходным или ламинарным [1].

В различных диапазонах зенитного угла механизм транспортирования шлама меняется. В интервалах с зенитными углами до 30° шлам эффективно выносится потоком бурового раствора, и осадок на стенках не образуется. При зенитных углах больше 30° шлам оседает на нижней стенке скважины. Осадок может соскальзывать вниз по стволу и образовывать пробки в кольцевом пространстве. Осевший шлам можно удалить из скважины сочетанием двух разных механизмов. Шлам, осевший на нижней стенке скважины, может:

- Перемещаться вверх единой массой (Рисунок 1).
- Подниматься на поверхности контакта осадка с буровым раствором в виде ряби или дюн (Рисунок 2).

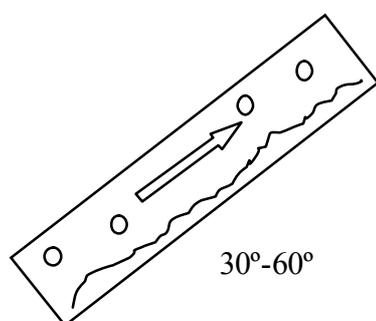


Рисунок 1 – Образование шламовой постели на нижней стенке скважины.

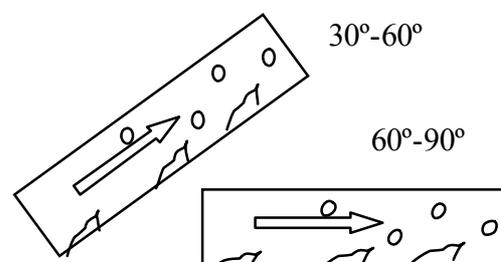


Рисунок 2 – Осевший шлам образует движущиеся вверх дюны.

В общем, вынос шлама затрудняется при увеличении зенитного угла. Наибольшие

трудности возникают при зенитных углах от 50 до 60°, поскольку при таких условиях осевший шлам имеет тенденцию соскальзывать вниз по стволу и образовывать пробки. При зенитных углах более 60° крупный шлам образует устойчивую «шламовую постель». Этот осадок удерживается на стенке скважины за счет сил трения. Диапазон зенитного угла, в котором происходит соскальзывание осадка, в значительной степени зависит от реологических свойств бурового раствора. Трудности с очисткой ствола могут возникнуть в диапазоне зенитных углов от 40 до 60°.

В таком случае очень важно учесть влияние взаимодействия между частичками шлама, их форму и размеры.

Скорость оседания шлама в покоящейся жидкости, а так же скорость проскальзывания обломков шлама в потоке раствора, зависит не только от режима обтекания, но и от формы и размера частичек [3]. Было доказано, что размер частичек влияет на прочность структуры, образованной ими «шламовой постели».

Был проведен эксперимент, в котором шлам, а именно, имеющие окатанную форму песок и галька, был разбит на 5 фракций с размером частичек 0,5 мм, 1 мм, 2 мм, 5 мм и 10 мм при помощи комплекта сит гранулометрического анализа. Шлам насыпали равными порциями через конус – 2 (рисунок 3), установленный на штативе -1, на горизонтальную поверхность – 3. При этом получались горочки в форме конуса с разным углом наклона образующей конуса (рисунок 4 - 5).

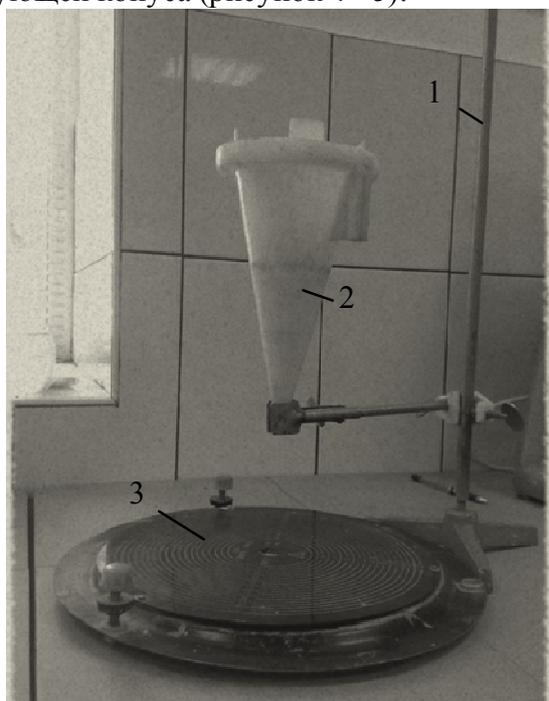


Рисунок 3 – Оборудование для определения конусности шлама. 1 – штатив, 2 – конус, 3 – подставка.

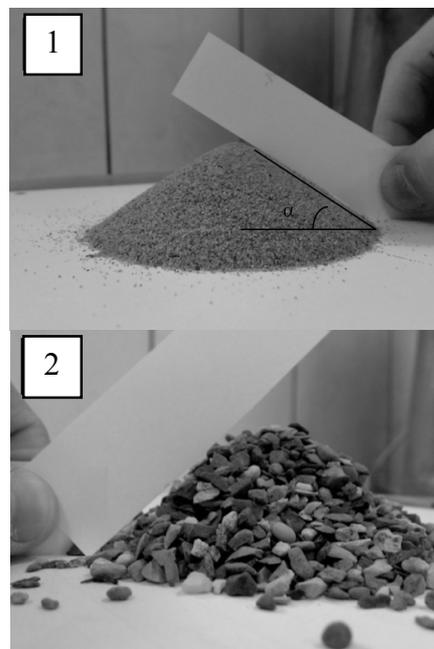


Рисунок 4 – Увеличение угла образующей конуса шлама. 1 – 0,5 мм фракция, 2 – 10 мм фракция.

По углу образующей конуса можно судить о силе взаимодействия между частицами шлама и о прочности структуры так называемой «шламовой постели».

Первый опыт был проведен на воздухе (рисунок 4 - 5). Результат опыта показал, что с увеличением размера частиц шлама, увеличивается угол наклона образующей конуса. Это доказывает, что для крупных частиц, обладающих большей массой, силы взаимодействия больше, и они способны образовывать более прочную структуру «шламовой постели», оседая на нижней стенке ствола скважины. Следовательно, силы взаимодействия между частицами зависят от их размера.

Второй опыт был проведен в воде (рисунок 6). Опыт в воде также показал, что с увеличением размера частичек увеличивается угол наклона образующей конуса. Но меньшие

частицы размером 0,5 мм при проведении опыта образовали мутную взвесь, и мелкие частицы практически равномерно распределились на дне сосуда. По-видимому, такого размера частицы породы в скважине легко уносятся потоками раствора. Известно, что интенсивное осаждение частиц шлама при бурении скважин приводит к насыщению бурового раствора твердыми компонентами, изменяя его структурно-реологические параметры и снижая очистную способность промывочной жидкости, в особенности при проходке горизонтальных участков ее ствола.



Рисунок 5 – Опыт, проведенный на воздухе.



Рисунок 6 – Опыт, проведенный в воде.

Фактические данные опыта представлены на рисунке 7.

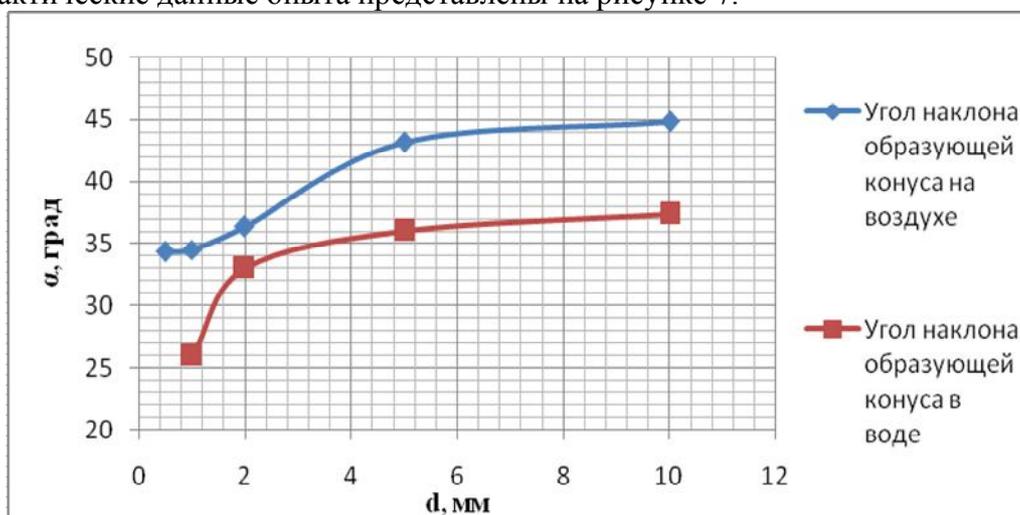


Рисунок 7 - График зависимости угла образующей конуса от размера частиц шлама.

Опыт в атмосферных условиях и воде показал, что более крупные частицы шлама имеют большую силу взаимодействия друг с другом. Они образуют достаточно прочный конус с большим уклоном, как в воздухе, так и в воде.

Как утверждают многие авторы, для лучшей очистки ствола наклонной и горизонтальной скважины, необходимо использовать маловязкие жидкости [2], т.к. при промывке такими жидкостями в кольцевом пространстве образуются турбулентные потоки, которые способствуют выносу шлама на поверхность. А высоковязкие растворы требуют большего расхода, что влияет на устойчивость стенок скважины и энергоёмкость всего процесса промывки. Так же, прочный осадок легко разрушается при движении и вращении буровых труб.

Библиографические ссылки

1. Маковой Н.М. Гидравлика бурения. Пер. с рум. – М.: Недра, 1986. – С 295 – 314.
2. Агзамов Ф.А., Акбулатов Т.О. Статья. - Влияние реологических свойств промывочной жидкости на транспорт шлама по горизонтальному стволу скважины // Территория нефтегаз, 2008. - №9. С 16 – 18.
3. Мирзаджанзаде А.Х. Гидродинамика в бурении. - М.: Недра, 1985. – С 92 – 96.