УДК 622.143

П.А.БЛИНОВ
Геолого-разведочный факультет,
аспирант кафедры технологии и техники бурения скважин

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕПЯЩИХ СВОЙСТВ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СЛАБОСВЯЗНЫХ ПОРОД

При бурении геолого-разведочных скважин в слабосвязных и несвязных породах, представленных песками, валунно-галечными и моренными отложениями, традиционными способами происходит сужение и обрушение ствола скважины, что приводит к прихватам бурового инструмента, перебуриванию уже пройденных интервалов и обусловливает усложнение конструкций скважин (т.е. требует постановки дополнительных обсадных колонн). Все это сопряжено с дополнительными затратами времени и материалов. В настоящее время эта проблема решается за счет разработки специальных составов промывочной жидкости, способных за счет своих крепящих свойств удерживать ствол скважины в устойчивом состоянии. Для определения влияния промывочной жидкости на устойчивость стенок скважины необходимо исследовать прочностные характеристики пород обработанных буровым раствором. Предложена «экспресс-методика» таких исследований.

The drilling of the prospecting holes by traditional ways in weakly fixed and unfixed rock submitted by sand, boulder, pebble and moraine deposits is a complex and labour-consuming process. Such sedimentary rock are inclined to sliding and flowing, therefore there is a narrowing and collapsing of a borehole, that results in necessity of redrilling them. In some cases there is a necessity of blocking of an interval deposition by several columns of casing. Such telescopic design of a hole does not allow to apply high frequencies of rotation in bedrock promoting increase of mechanical speed of drilling. All this demands additional expenditure of time and materials. Now this problem can be solved by developing special structures of drilling fluid capable due to its fastening properties to keep a tube of the hole in steady condition. For the definition of influence of the drilling fluid on stability of the tube of the hole it is necessary to investigate stability characteristics of rock processed by drilling fluid.

При бурении геолого-разведочных скважин в слабосвязных и несвязных породах традиционными способами наблюдаются сужение и обрушение ствола скважины. Ликвидация этих нарушений процесса бурения связана с усложнением конструкций скважин (постановкой дополнительных обсадных колонн), дополнительными затратами времени и материалов.

В настоящее время эта проблема решается путем создания технических средств и технологий бурения, обеспечивающих одновременное крепление ствола скважины колонной обсадных труб, либо за счет разработки специальных составов промывочной жидкости, способной за счет своих крепящих свойств удерживать ствол скважины в устойчивом состоянии. Второе решение является неотъемлемой частью первого и существенно улучшает экономические и технологические параметры бурения.

Для правильного выбора рецептуры промывочной жидкости необходимо определить свойства бурового раствора, оказывающие наибольшее влияние на устойчивость ствола скважины. В практике бурения выделяют следующие свойства буровых растворов: плотность, вязкость, водоотдачу, статическое напряжение сдвига, стабильность, толщину глинистой корки, содержание твердой фазы.

Для выявления зависимости устойчивости стенок скважины от свойств промывочной жидкости необходимо исследовать прочностные характеристики пород, обработанных буровым раствором. С этой целью

с помощью ряда методик были получены прочностные характеристики породы: напряжение сдвига, пластическая прочность, коэффициент устойчивости при одноосном сжатии.

В качестве исследуемой породы брался среднезернистый песок 10-процентной влажности. Образцы породы обрабатывались глинистым буровым раствором с 5-, 7-, 10- и 15-процентным содержанием бентонитового глинопорошка Черкасского карьера. В глинистый раствор вводились добавки кальцинированной соды в объеме 0,3 % от общей массы для снижения жесткости водопроводной воды нейтрализацией ионов Ca^{++} и Mg^{++}.

Для описания прочностных характеристик песков обычно используется теория Кулона – Мора:

$$\tau_{пр} = c + \sigma_н \operatorname{tg}\varphi,$$

где $\tau_{пр}$ – предельное сопротивление сдвигу; c – удельное сцепление; $\sigma_н$ – нормальное к площадке скольжения напряжение; φ – угол внутреннего трения грунта.

Зависимость $\tau_{пр} = f(\sigma_н)$ исследовалась на сдвиговом приборе конструкции Гидропроекта. Опыты проводились ступенчатым нагружением образца породы при уплотняющих нагрузках 0,5-3,0 кг/см^2 (рис.1). Как видно из графика, удельное сцепление c стремится к нулю, что характерно для песчаных пород. С ростом содержания глинопорошка в буровом растворе увеличивается угол внутреннего трения φ (рис.2). Из этого следует, что с увеличением содержания твердой фазы глинистый раствор оказывает более укрепляющее действие на песчаный грунт, находящийся в статических условиях. До проведения более детальных исследований это может быть объяснено процессом структурообразования в результате коагуляции глинистых частиц.

Исследование и подбор промывочных жидкостей для бурения слабосвязных пород при помощи срезных приборов ведется только в лабораторных условиях и занимает достаточно много времени. Для оперативного определения прочностных свойств промывочной жидкости непосредственно на

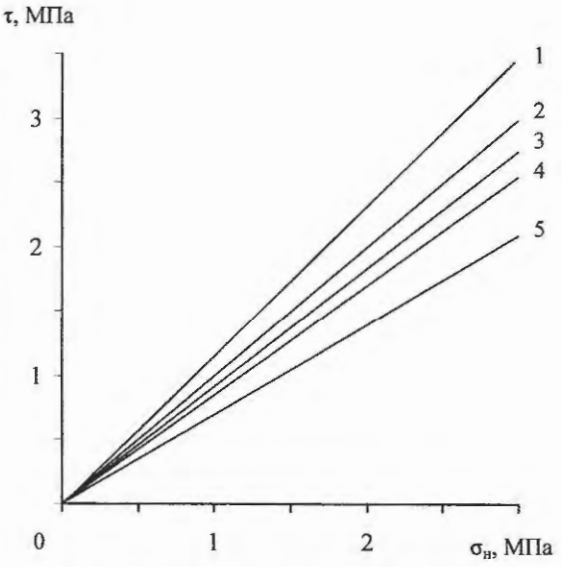


Рис.1. Зависимость напряжения сдвига породы, обработанной глинистым раствором, от нормального напряжения

1, 2, 3 и 4 – с содержанием глины 15, 10, 7 и 5 %; 5 – без обработки



Рис.2. Зависимость угла внутреннего трения породы φ от содержания глины в буровом растворе

буровой разработана «экспресс-методика» определения продольной деформации цилиндрического образца породы, обработанного буровым раствором. Суть ее заключается в следующем: образец породы помещают в полый металлический цилиндр диаметром 5 см и высотой 10 см, затем цилиндр медленно поднимают и измеряют высоту оседания породы при помощи тонкого стеклянного щупа. Коэффициент продольной деформации вычисляется как отношение высоты осевшей породы к высоте цилиндра.

В результате экспериментов установлено, что продольная деформация, являющаяся функцией нормального напряжения, прямо пропорциональна углу вну-

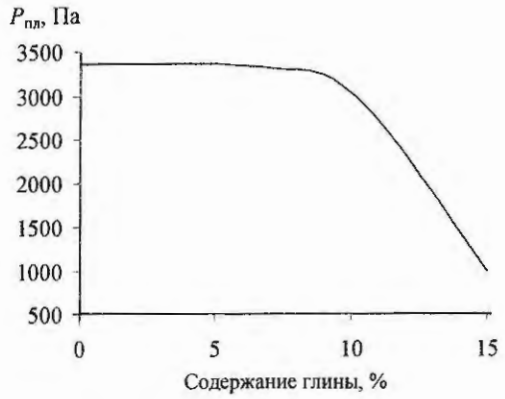


Рис.3. Зависимость пластической прочности породы от содержания глины в буровом растворе

треннего трения (коэффициент пропорциональности 1,623).

На следующем этапе исследования пластическая прочность образцов пород, обработанных буровыми растворами, определялась с помощью прибора Вика, оснащенного конусом с углом при вершине 45° по методике Ребиндера – Винарского:

$$P_{пл} = K_{\alpha}(G/h^2),$$

где K_{α} – коэффициент, зависящий от угла конуса,

$$K_{\alpha} = \frac{1}{\pi}\cos^2\frac{\alpha}{2}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2};$$

α – угол при вершине конуса, градусы; G – вес погружаемой системы, Н; h – глубина погружения конуса в испытуемый раствор, м.

Пластическая прочность, рассчитанная таким образом является динамической характеристикой. Пластическая прочность нелинейно зависит от содержания глины в буровом растворе (рис.3). С ростом содержания глины с 10 до 15 % $P_{пл}$ резко снижается, что, возможно, вызвано повышением плотности и вязкости бурового раствора.

Стенки скважины в процессе бурения постоянно испытывают динамическое воздействие со стороны бурового снаряда, поэтому для правильного выбора бурового раствора необходимо учитывать как статическую, так и динамическую характеристики прочности пород, слагающих стенки скважины. С этой целью целесообразно ввести в рассмотрение коэффициент устойчивости, равный произведению коэффициента внутреннего трения (продольной деформации) на пластическую прочность горной породы.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет определить прочностные характеристики слабосвязных пород в околоствольной зоне скважины в зависимости от свойств промывочной жидкости, которые можно регулировать для получения оптимальной рецептуры бурового раствора.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Ю.А.Нифонтов*