

Бурение скважин

**В. И. ЛЕОНИДОВ, Л. К. МУХИН, К. Ф. ЖИГАЧ***Московский институт нефтехимической и газовой промышленности  
им. акад. И. М. Губкина*

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫВочНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

В процессе бурения скважины промывочная жидкость взаимодействует с разбуриваемыми породами, приводя к изменению их физико-химические и физико-механические свойства [1]. Вследствие увлажнения глинистых пород при контакте с промывочной жидкостью на водной основе снижается их механическая прочность [2], что при определенных условиях может привести к обрушению стенок скважины и вызвать серьезные осложнения при бурении.

До последнего времени изучение физико-химического взаимодействия промывочных жидкостей с глинистыми материалами ограничивалось в основном изучением процесса набухания в среде промывочной жидкости или ее фильтрата, в условиях далеких от реально существующих в скважине. Лишь в работах Л. А. Шрейнера с сотрудниками была сделана попытка исследовать влияние различных промывочных жидкостей на физико-механические свойства глинистых материалов, находящихся в условиях сложного напряженного состояния [2], с целью выявления пригодности промывочной жидкости для бурения скважин в неустойчивых породах. Однако применявшиеся в этих исследованиях установки и методики не позволяли учитывать влияние всех действующих факторов, определяющих характер физико-химического взаимодействия глинистых материалов с промывочной жидкостью в условиях скважины.

В частности установка, использованная в опытах В. П. Банатова [3], не давала возможности создавать противодавление на внутренние стенки образцов исследуемых глин, а также производить измерения при высоких температурах.

Нами разработана установка, позволяющая учитывать влияние этих факторов на процессы взаимодействия промывочных растворов с глинистыми образцами и, тем самым, дать более объективную оценку качеству промывочной жидкости, применяемой для бурения в осложненных условиях.

Установка (рис. 1) состоит из 15-тонного пресса с насосом Рухгольца 1, камеры высокого давления 2, двух емкостей 3, 4, заполняемых испытуемой промывочной жидкостью, и насосов высокого давления 5, 6.

Камера высокого давления (рис. 2) представляет собой стальной цилиндр 1 с дном, на внутренней стороне которого имеется кольцевой выступ 2 с наружным диаметром на 0,2 мм меньше наружного

диаметра глинистого образца и внутренним диаметром равным диаметру отверстия в глинистом образце. На кольцевой выступ 2 установлен

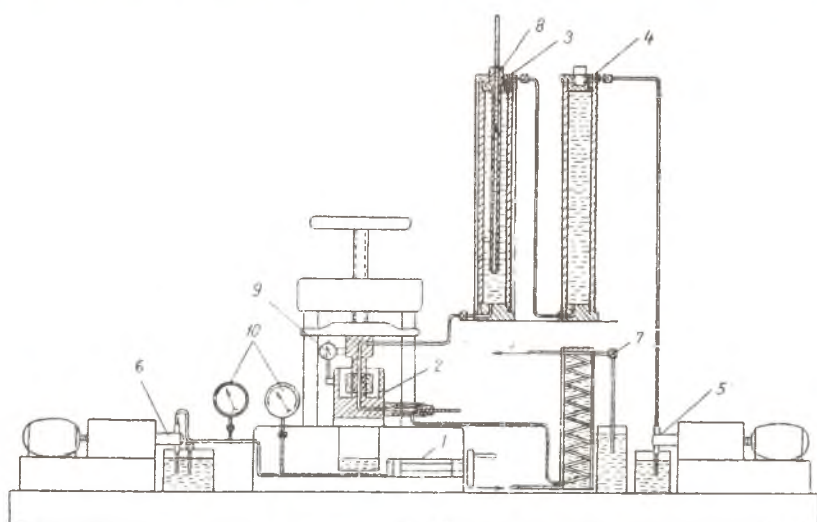


Рис. 1

Схема установки для исследования влияния промывочных жидкостей на прочностные свойства глинистых пород

навливается искусственный глинистый образец 3, запрессованный в толстостенную обойму из нержавеющей стали.

В верхний торец глинистого образца 3 упирается шток 5 с головкой 6. Наружный диаметр штока на 0,2 мм меньше наружного диаметра глинистого образца. Отверстие в штоке по диаметру соответствует внутреннему отверстию глинистого образца.

Головка штока соединена стальной трубкой, имеющей тепловую изоляцию, с емкостью 3 (см. рис. 1).

В нижней части камеры высокого давления имеется карман для помещения термометра или термодпары, от которого отходит стальная трубка. На конце трубки установлен вентиль высокого давления 7 (см. рис. 1).

Емкости 3, 4 (см. рис. 1) с общим объемом 12 л представляют собой стальные сосуды, соединенные последовательно. Обе емкости рассчитаны на давление 1500 атм и опрессованы на 1000 атм.

Емкость 3 снабжена электрообогревом. При работе электрообогревателя температура в емкости 3 (объем раствора 4 л) за 30 минут поднимается от 20 до 120°C.

В крышку емкости 3 ввинчивается специальный карман 8 (см. рис. 1) для помещения термодпары или термометра. В верхнюю крышку емкости 4 вмонтирована нагнетательная линия от насоса высокого давления 5 типа НЖР—2. Насос 5 подает масло или воду в емкость 4, вытесняя находящуюся в ней исследуемую промывочную жидкость в емкость 3, откуда она поступает в рабочую камеру 1.

Насос НЖР—2 имеет рабочее давление 600 атм с производительностью 4,5 л/час.



Насос НЖР-1 6 соединен с насосом Рухгольца 15-тонного пресса и создает в нем соответствующий подпор.

К головке штока 6 (см. рис. 2) на кронштейне крепится измерительный микрометр 9, при помощи которого замеряется линейная деформация глинистых образцов. Нагрузка на образец измеряется образцовыми манометрами 10, показывающими давление масла под штоком 15-тонного пресса, на котором устанавливается камера высокого давления.

Показания образцовых манометров оттарированы с помощью динамометра.

Установка позволяет исследовать прочностные свойства искусственных образцов глин, находящихся в условиях всестороннего сжатия, при взаимодействии с ними промывочных жидкостей, нагретых до заданной температуры при переменной нагрузке. Кроме того, она позволяет замерять деформацию образцов, находящихся под постоянной нагрузкой при взаимодействии с раствором в течение длительного времени.

Вертикальная нагрузка на образец (горное давление) создается перемещением штока. Давление внутри образца создается насосом НЖР-2, при помощи которого промывочная жидкость выдавливается из емкостей 3, 4. Регулировка давления внутри образца производится вентилем высокого давления 7.

Перед производством испытаний изготавливается необходимое количество образцов из исследуемых глин. Размеры образцов приняты на основании исследований Г. И. Покровского, И. С. Федорова [4], работ Б. В. Байдюка [2], Г. Н. Кузнецова и Б. В. Матвеева, опытов Е. С. Робертсона и В. П. Банатова [3].

Высота  $h = 30$  мм, наружный диаметр  $d_{\text{н}} = 30$  мм, внутренний диаметр  $d_{\text{вн}} = 9,6$  мм.

Образцы изготавливаются прессованием при давлении  $2800 \text{ кг/см}^2$ . Для изготовления образцов берется порошок глин, просеянный через сита с диаметром отверстий 1 мм и 0,25 мм, с влажностью 1,5%. Из каждой партии отбирается не менее шести образцов, для которых снимаются кривые деформаций в координатах—по оси абсцисс—относительная деформация в %, а по оси ординат—нагрузка на образец в  $\text{кг/см}^2$ . Если получается хорошая сходимость кривых деформаций, т. е. отклонение точек каждого опыта от кривой, построенной по среднеарифметическим величинам из всех опытов, не превышает 1,5—2%, то партия образцов считается пригодной для проведения дальнейших опытов. Из опытов с контрольными образцами определяется средний условный предел текучести для данной партии образцов.

Подготовка к проведению опытов заключается в следующем. В емкости 3, 4 заливается промывочная жидкость, предназначенная для испытаний и нагревается до заданной температуры. Образец глины

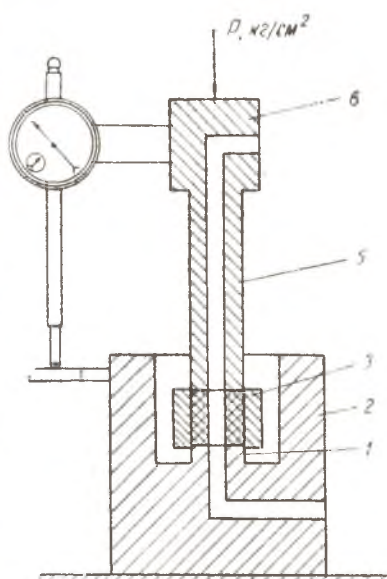


Рис. 2

Схема камеры высокого давления

в обойме помещается на цилиндрический выступ 2 дна камеры высокого давления. На верхней плоскости образца устанавливается шток 5, который закрепляется винтом пресса. Отмечаются показания измерительного индикатора. Затем на образец передается нагрузка с увеличением на каждой ступени на  $74 \text{ кг/см}^2$ , с выдержкой на каждой ступени по 30 сек до затухания деформации. Образец без прокачки раствора нагружается на 10% меньше среднего условного предела текучести для данной партии образцов. Если отклонение величины деформации образца при такой нагрузке не превышает 2% от деформации для контрольных образцов, то опыт продолжают.

Вводится в действие насос 5, который вытесняет промывочную жидкость из емкостей 3, 4 по стальной трубке в шток 5 во внутреннее отверстие образца и через отверстие в нижней части камеры в холодильник, к выкиду которого подсоединен регулировочный вентиль высокого давления. При помощи регулировочного вентиля в образце поддерживается заданное давление.

Давление внутри образца выбирается таким, чтобы оно соответствовало гидростатическому давлению промывочной жидкости на глубине залегания глины при удельном весе промывочной жидкости равным  $12 \text{ г/см}^3$ . Давление на образец, создаваемое штоком в процессе прокачки промывочной жидкости, соответствует горному давлению на заданной глубине

$$p = \frac{H \cdot 2,5}{10} \text{ атм,}$$

где  $p$  — давление на образец, атм;

$H$  — глубина залегания исследуемой глины, м;

2,5 — средний объемный вес пород,  $\text{г/см}^3$ .

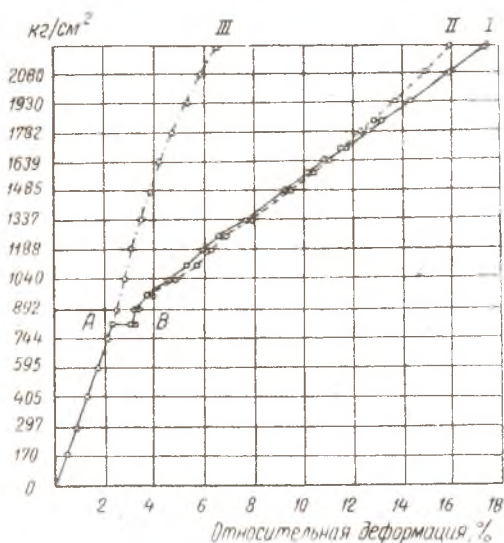


Рис. 3

Прочностные свойства челекенской глины при взаимодействии:

I — с раствором, обработанным КМЦ; II — с силикатным раствором; III — с раствором на нефтяной основе

Промывочная жидкость прокачивается через глинистые образцы в течение 30 минут, после чего нагрузка на образец ступенчато увеличивается (на  $74 \text{ кг/см}^2$  на каждой ступени с выдержкой в 30 сек) до разрушения образца. Давление промывочной жидкости внутри образца сохраняется постоянным до конца опыта. Результаты испытаний оформляются графически в координатах — относительная деформация % — нагрузка на образец  $\text{кг/см}^2$ .

На рис. 3 в качестве примера приводятся результаты, полученные при обработке тремя различными промывочными жидкостями челекенской глины, подстилающей красноватую толщу.



По полученным кривым можно судить об относительном изменении прочности образцов в результате воздействия той или иной промывочной жидкости и, тем самым, дать качественную оценку степени пригодности промывочной жидкости для бурения.

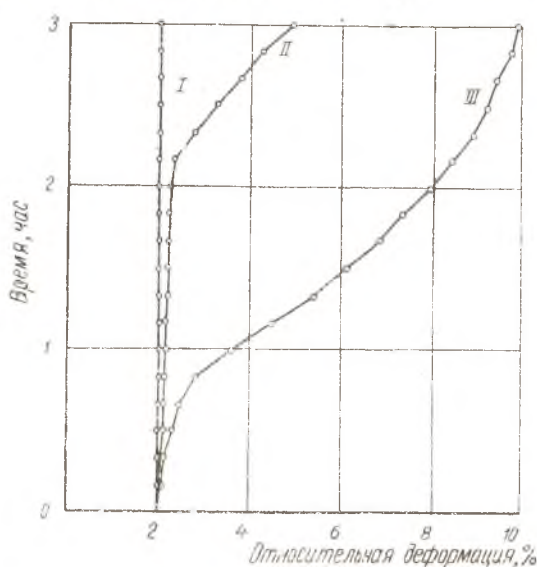


Рис. 4

Развитие деформаций образцов из челекенской глины при постоянной нагрузке и неизменном внутреннем давлении при длительном воздействии промывочной жидкости  
 I—раствор, обработанный КМЦ; II—силикатный раствор; III—раствор на нефтяной основе

Недостатком подобной методики является то, что время взаимодействия глины с промывочной жидкостью слишком мало по отношению к тому, в течение которого она взаимодействует с глинистой породой в скважине.

Более полную картину влияния промывочной жидкости на прочностные свойства глинистых пород можно получить, исследуя развитие деформаций при постоянной нагрузке и неизменном внутреннем давлении при длительном воздействии промывочной жидкости на образец. На рис. 4 приводятся результаты, полученные на той же челекенской глине с теми же промывочными жидкостями, что и в опытах, показанных на рис. 3.

### Выводы

1. Создана установка, позволяющая достаточно объективно оценивать влияние промывочных жидкостей на устойчивость глинистых пород в условиях всестороннего сжатия и высоких температур.
2. Предложена методика для оценки технологических свойств промывочных жидкостей, применяемых для бурения в неустойчивых глинистых породах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ребиндер П. А., Шрейнер Л. А., Жигач К. Ф. Понизители твердости в бурении. Изд. АН СССР, 1944.
2. Байдюк Б. В. Канд. дисс. Москва, 1958.
3. Баиятов В. П., Крохмалев А. И. Разобщение и изоляция нефтяных пластов от посторонних вод. Гостехиздат, 1959.
4. Покровский Г. И., Федоров И. В. Исследования устойчивости буровых скважин в лабораторных моделях. Изв. АН СССР, ОН, 1939.
5. Robertson E. C. Bulletin of Geological society of American Geologists, vol. 66, № 10, 1955.

Поступила 6 XII 60