*Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIII, вып. 2, 1962 г.*

# К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА, НАРУШЕННОГО БУРЕНИЕМ СКВАЖИН

*Г. А. Череменский*

Естественное тепловое состояние горных пород нарушается в районе скважины в процессе бурения [1, 3]. Степень нарушения этого состояния зависит от многих причин [1, 2, 3].

Время восстановления естественного теплового состояния горных пород, нарушенного бурением, может быть определено по формуле [3]

$$\frac{\Delta t}{\Delta t_0} = \frac{\left[-E_i\left(-\frac{r^2}{4a(\tau_1+\tau)}\right)\right]-\left[-E_i\left(-\frac{r^2}{4a\tau}\right)\right]}{-E_i\left(-\frac{r^2}{4a\tau_1}\right)},$$

где $E_i\left(-\frac{r^2}{4a\tau}\right)$ — экспоненциальный интеграл;

$r$ — радиус скважин;

$a$ — температуропроводность горных пород;

$\tau$ — время простоя скважины в покое;

$\tau_1 = \tau' + \tau_3$;

$\tau_3$ — время (для непроницаемых горных пород и температуропроводности $a_c$ бурового раствора $\tau_3 = \frac{r^2}{4a_c}$);

$\tau'$ — время нарушения теплового состояния горных пород;

$\Delta t_0$ и $\Delta t$ — разность температур бурового раствора и горных пород на данной глубине соответственно в моменты $\tau_1$ и $\tau_1 + \tau$.

Величина $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ при прочих равных условиях зависит от диаметра скважины, температуропроводности горных пород, времени нахождения скважины в состоянии покоя, а также от времени и режима бурения скважины. Значение $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$, характеризующее степень восстановления естественного теплового состояния горных пород, уменьшается с возрастанием времени простоя скважины, температуропроводности горных пород и уменьшением диаметра скважины (рис. 1).

Если под $\Delta t$ подразумевать абсолютную погрешность измерения, тогда отношение $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ становится относительной погрешностью значения $\Delta t_0$. Приближенно

$$\Delta t_0 = (\Gamma - \Gamma_c) h,$$

где $\Gamma$ — средний геотермический градиент в данном районе (регионе);

$\Gamma_c$ — градиент изменения температуры бурового раствора с глубиной в момент окончания бурения;

$h$ — расстояние по оси скважины от точки равенства температуры бурового раствора температуре пород, находящихся в естественном тепловом состоянии, до точки наблюдения.

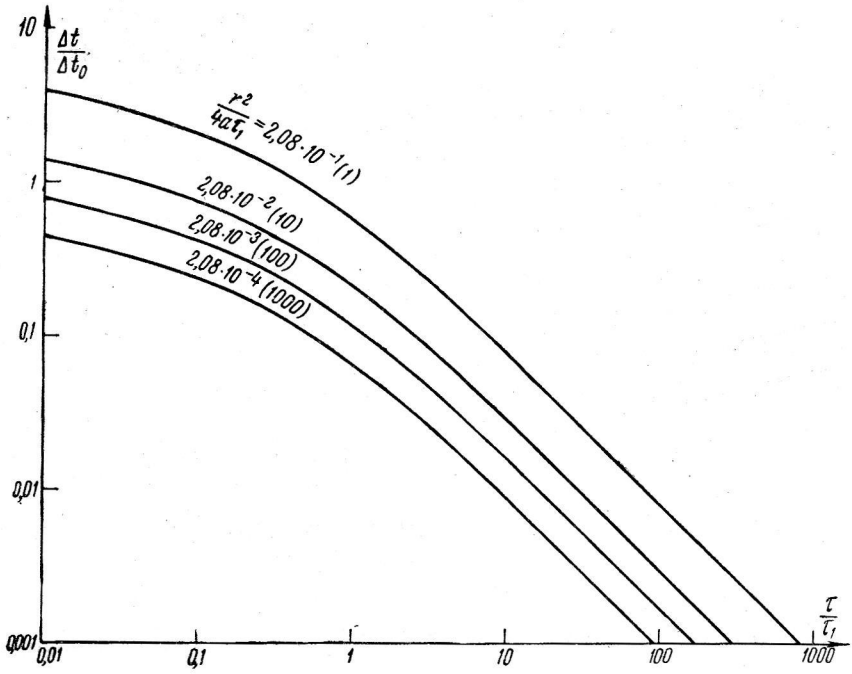



Рис. 1. Зависимость $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ от $\frac{\tau}{\tau_1}$. В скобках $\tau$ в сутках при $\frac{r^2}{4a} = 5$ $r$.

Градиент изменения температуры бурового раствора с глубиной зависит от режима бурения и конструкции скважины, температуры бурового раствора, поступающего в скважину, геологических и гидрогеологических особенностей района скважины.

Значение $\Gamma_c$, как правило, меньше геотермического градиента данного района. Вследствие этого геотермограмма пересекается с кривой изменения температуры бурового раствора с глубиной, построенной на одних координатных осях. В точке пересечения этих кривых температура бурового раствора равна естественной температуре пород, даже при существовании за стенками скважины зоны нарушения термического режима. По мере углубления скважины и нагревания в связи с этим бурового раствора глубина расположения этой точки увеличивается.

Значение $\Delta t_0$ при удалении от точки равенства температур возрастает даже вблизи забоев скважин, так как температура горных пород с глубиной повышается быстрее, чем нагревается буровой раствор

в бурильных трубках, и при омывании забоя скважины. Как известно, нагретый буровой раствор при дальнейшем движении вверх к устью скважины отдает тепло породам, залегающим на меньших глубинах и ранее охлажденным во время разбуривания.

Таким образом, значение $\Delta t_0$ максимально у забоя скважины.

После прекращения нарушения термического режима естественное тепловое состояние горных пород восстанавливается под влиянием радиального притока тепла к скважине. У забоя скважины к этому потоку добавляется вертикальный тепловой поток, поступающий из участков геологического разреза с более повышенной температурой. Совместное воздействие этих потоков тепла способствует при прочих равных условиях более быстрому восстановлению естественного теплового состояния горных пород, залегающих непосредственно над забоем скважины.

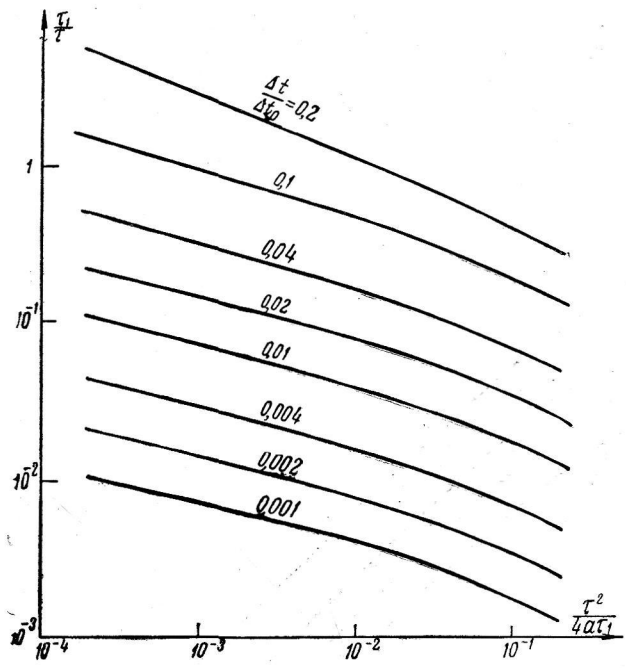



Рис. 2. Зависимость $\frac{\tau_1}{\tau}$ от $\frac{r^2}{4a\tau_1}$ при $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$, равном 0,2; 0,1; 0,04; 0,02; 0,01; 0,004; 0,002; 0,001

Однако в этих участках скважин, как правило, температура не измеряется в связи с возрастанием плотности бурового раствора с глубиной и наличием шлама на забоях скважин.

Термометры при измерении температуры обычно находятся вдали от забоя скважины — там, где влияние вертикального теплового потока ничтожно. В таких участках скважины основное влияние на восстановление естественного теплового состояния пород оказывает величина $\Delta t_0$ при существующей точности измерения температуры.

Согласно кривым рис. 2 время восстановления естественного теплового состояния горных пород должно быть при прочих равных условиях тем больше, чем выше точность измерения температур, больше диаметр скважины и время нарушения термического режима. При этом с возрастанием диаметра скважины увеличивается диаметр зоны нарушения термического режима. Для восстановления естественного теплового состояния горных пород такой зоны необходимо более длительное время.

Влияние различных факторов на время восстановления естественного теплового состояния горных пород неодинаково. Так, например, при изменении $\frac{r^2}{4a\tau_1}$ в 100 раз величина $\frac{\tau_1}{\tau}$ изменяется только в 4—7,5 раза, а при изменении $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ от 0,1 до 0,01 — в 15—16 раз.

Вследствие такой большой зависимости $\frac{\tau_1}{\tau}$ от $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ при заданной точности измерения температуры время восстановления термического режима, нарушенного бурением скважины, неодинаково на разных глубинах. Величину этого времени можно определить для каждой глубины, используя кривые рис. 2, по значениям $\Delta t_0$, $r$, $a$, $\tau_1$ и $\Delta t$.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Череменский Г. А. О зоне нарушения теплового состояния горных пород бурением скважины. Изв. АН СССР. Серия геофизич., 1960, № 10.

2. Череменский Г. А. О времени восстановления термического режима, нарушенного бурением скважины. Изв. АН СССР. Серия геофизич., 1960, № 12.

3. Череменский Г. А. Определение диаметра зоны нарушения термического поля вокруг скважины. Зап. ЛГИ, 1961, т. XXXIX, вып. 2.