



***ПОНЯТИЯ О  
ДАВЛЕНИЯХ***



# Геостатическая температура пород

$T_2$  (°C) - это температура в естественных условиях залегания пород в земной коре, т.е. до начала бурения или после весьма длительного простоя скважины без промывки.

С увеличением глубины залегания пород ниже нейтрального слоя она возрастает, причем интенсивность роста, как правило, изменяется чаще в сторону уменьшения.

В районах, где геотермический градиент с глубиной изменяется весьма незначительно, распределение геостатических температур приближенно можно рассчитать по формуле

$$T_2 \approx T_{пл.} - \Gamma(H_{пл.} - H)$$

где  $T_{пл.}$  - известная температура на глубине  $H_{пл.}$ , °C;  $\Gamma$  — геотермический градиент — прирост  $T_2$  на каждый метр глубины залегания породы, °C/м (с глубиной несколько изменяется).

Для ориентировочной оценки распределения температур в скважине при промывке можно воспользоваться экспресс-методикой ВНИИКРнефти. Температура на забое скважины после нескольких циклов циркуляции

Температура на забое скважины после нескольких циклов циркуляции

$$T_z \approx 0,33T_0 + 0,67T_{пл.}$$

$T_0$  — температура нейтрального слоя Земли, °С);

Температура выходящего из скважины потока

$$T_{вых} \approx 0,67T_0 + 0,33T_{пл.}$$

- температура бурового раствора, закачиваемого в бурильную колонну (температура нисходящего потока на входе в бурильную колонну)

$$T_{\text{вх.}} = T_{\text{вых}} - \Delta T_{\text{вых}}$$

$\Delta T_{\text{вых}}$  — уменьшение температуры раствора в наземной циркуляционной системе, зависящее от температуры атмосферы и конструкции этой системы и равное 7 °С);

● средняя температура восходящего и нисходящего потоков при промывке

$$T_{cp.c} \approx \frac{4}{9}T_0 + \frac{5}{9}T_{nl.}$$

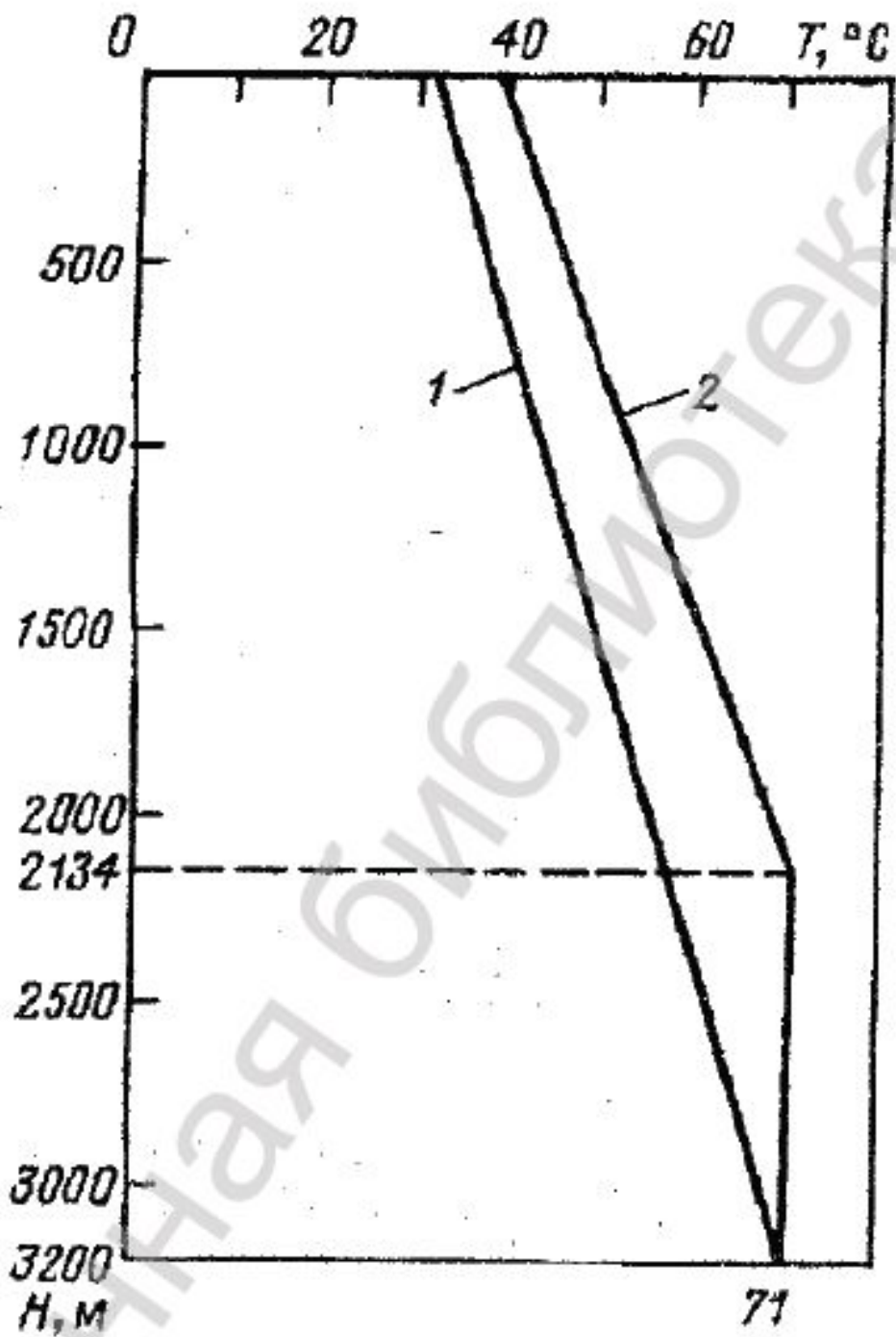
$$T_{cp.n} \approx 0,5(T_{nl.} - T_0 + T_{сых})$$

средняя температура в скважине

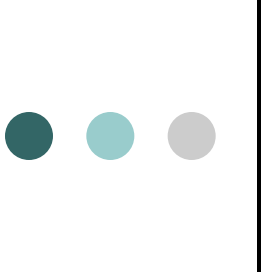
$$T_{cp.c} \approx 0,53T_{nl.} + 0,45T_0$$

Температуру циркулирующего бурового раствора на любой глубине  $h$  в скважине можно вычислить по формуле

$$T_h = T_0 + 0,14\Gamma h + 0,43\Gamma H$$



Кривые распределения температур в нисходящем (1) и восходящем (2) потоках при промывке скважины.



***ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О  
НАПРЯЖЕННОМ  
СОСТОЯНИИ ПОРОД В  
ПРИСТВОЛЬНОЙ ЗОНЕ.  
УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕНОК СКВАЖИНЫ***

## **Напряженное состояние пород в пристволевой зоне.**

В скважине, пробуренной через толщу пород буровым раствором с плотностью меньшей плотности породы, напряженные состояния в окрестности и вдали от нее отличаются друг от друга. Распределение напряжений в упругих изотропных беспористых породах (без учета температуры), по С.Г. Лехницкому, описывается системой следующих уравнений (в МПа):

$$\sigma_n = -g\rho_n H$$

$$\sigma_\theta = -\xi \left(1 + \frac{r_c^2}{r^2}\right) g\rho_n H + g\rho_{б.р.} H \frac{r_c^2}{r^2}$$

$$\sigma_r = -\xi \left(1 - \frac{r_c^2}{r^2}\right) g\rho_n H + g\rho_{б.р.} H \frac{r_c^2}{r^2}$$



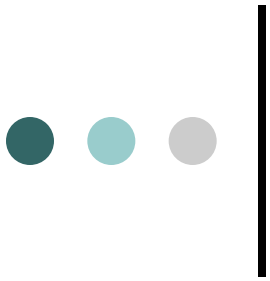
Деформации и разрушение стенок скважины обусловлены главным образом касательными напряжениями:

$$\tau_1 = \frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{2}; \tau_2 = \frac{\sigma_\kappa - \sigma_r}{2}; \tau_3 = \frac{\sigma_\theta - \sigma_\kappa}{2}$$

Радиус несущей зоны, подверженной пластическим деформациям, вычисляется по формуле

$$r = r_c \sqrt{\sqrt{3}(\rho_n - \rho_{б.р.})H / \sigma_m}$$

Приведенные зависимости позволяют с достаточной для практики бурения точностью прогнозировать **устойчивость стенок скважины.**



В глубоких скважинах, разрезы которых представлены мощными толщами глинистых формаций, проблема устойчивости ствола имеет очень большое значение. Бурение таких пород сопровождается образованием каверн, сужением ствола скважины, прихватами и сложностью сохранения керна.



## **Термические напряжения в горных породах.**

Выше отмечалось, что температура циркулирующего раствора не равна температуре горных пород.

Охлаждение или нагревание стенок при промывке скважины приводит к возникновению термических напряжений в горных породах. При перепаде температур более 100С термические напряжения имеют тот же порядок, что и напряжения, обусловленные разностью между боковым давлением породы и давлением в скважине.

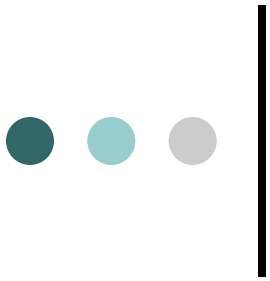
**Анизотропностью** называется способность

- твердых тел в разной степени проявлять одни и те же свойства в зависимости от направления, в котором они определяются. Существуют различные методы оценки анизотропности механических свойств пород.

А.Лубинским введен буровой индекс анизотропии, определяемый как

$$I - A = v_{\parallel} - v_{\perp}$$

где  $A$  — показатель анизотропии ( $A=0$  соответствует изотропной породе);  $v_{\parallel}, v_{\perp}$  — буримость горных пород соответственно параллельно напластованию и перпендикулярно к нему.



Анизотропию пород можно оценить и по акустическим данным путем сравнения скорости распространения ультразвуковых волн в двух диаметрально противоположных направлениях по высоте (вдоль) образца породы (керн) и — — по диаметру.

$$K_A = \frac{\xi_1}{\xi_2}$$