

Горное давление - это давление обусловленное действием всех естественные и техногенных сил.

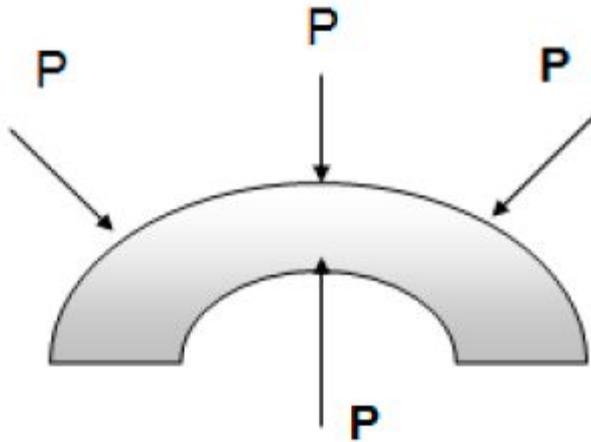


Рисунок 1 – Силы действующие на пласт

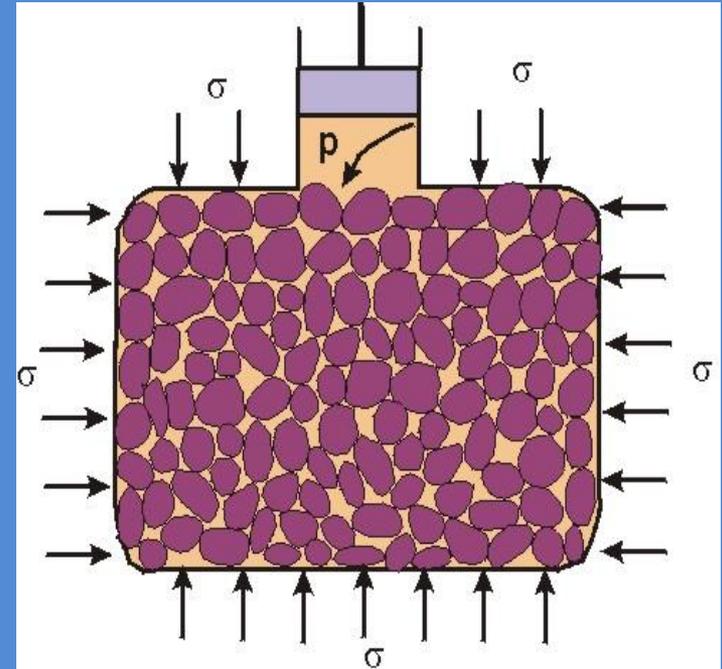


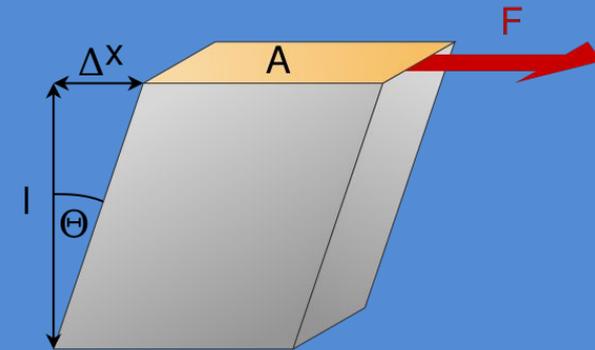
Рис.7. Схема проявления горного и эффективного давлений в породе

где **E** коэффициент пропорциональности между напряжениями и относительной деформацией по той же оси называется модулем Юнга E(Па).

$$e = \frac{1}{E} \times \sigma$$

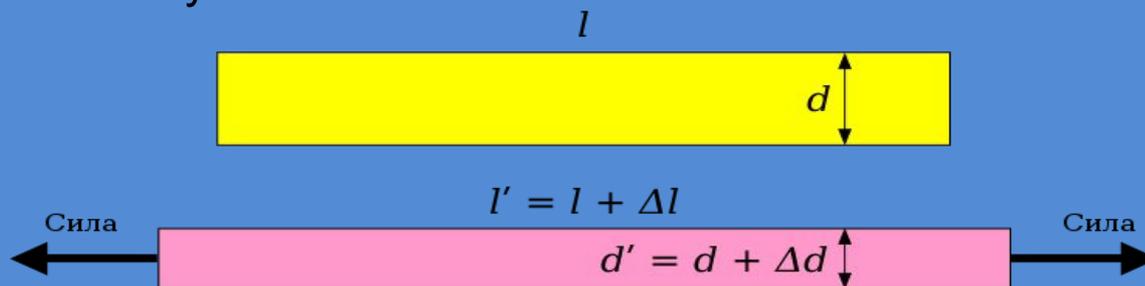
где **G** коэффициент пропорциональности для касательных деформаций называется модулем сдвига G(Па).

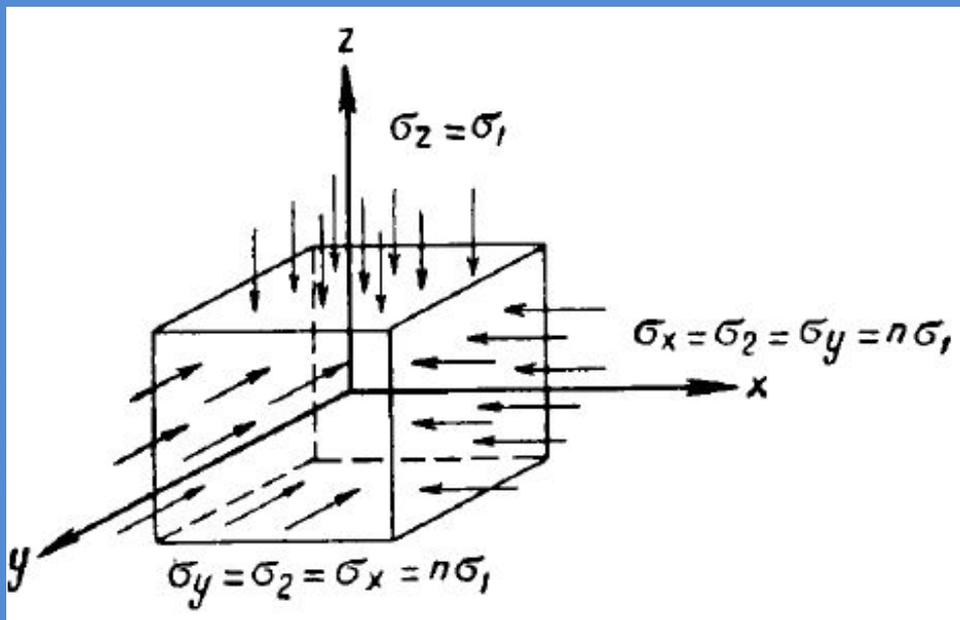
$$g_{xy} = \frac{1}{G} \times \tau_{xy}$$



Отношение линейной деформации в направлении **поперечном** действию напряжения к линейной деформации в **продольном** направлении называется коэффициентом Пуассона

$$n = \frac{e_y}{e_x}$$





В простейшем случае

$$s_z = r \times g \times H$$

$$s_x = s_y = n \times r \times g \times H$$

где n коэффициент бокового распора

$$n = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

где ν коэффициент Пуассона

В этом случае среднее нормальное напряжение

$$P = \frac{(s_x + s_y + s_z)}{3} = \frac{(1 + 2n) \times s_z}{3}$$

$$P_2 = r \times g \times H$$

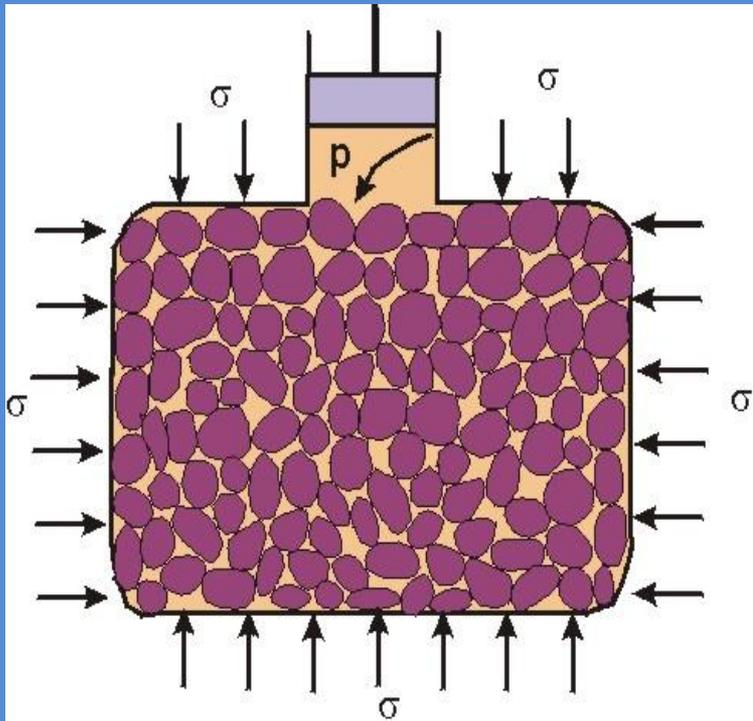
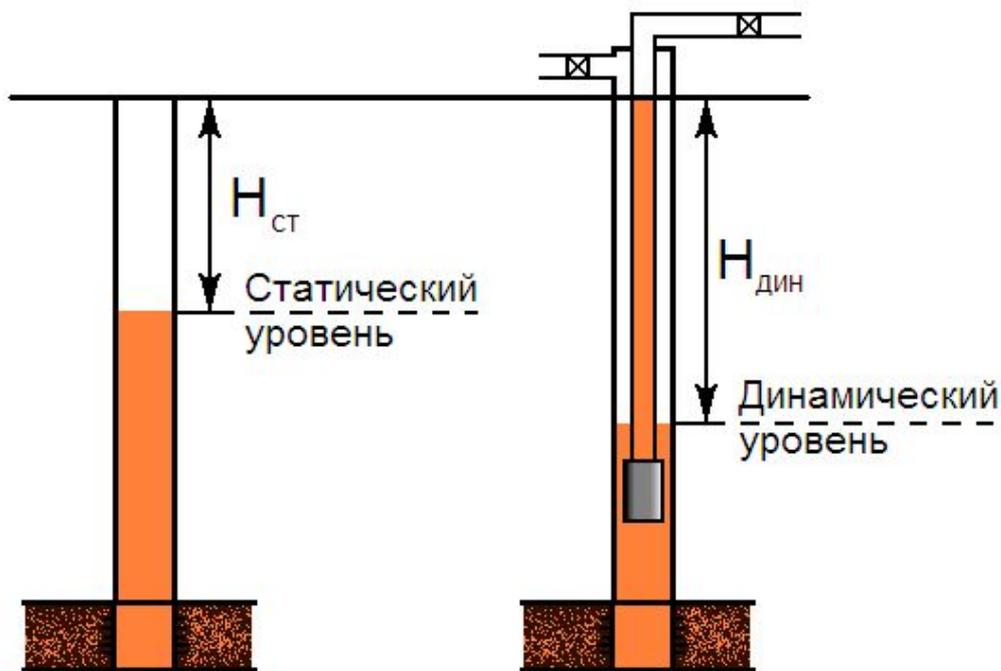


Рис.7. Схема проявления горного и эффективного давлений в породе

До начала разработки горному давлению противостоит пластовое давление, т.е. эффективное давление на скелет породы, поэтому:

$$S_{эф} = S - p$$

При добыче нефти пластовое давление падает, и поэтому давление на скелет пород $\sigma_{эф}$ увеличивается



В промышленных условиях **пластовое давление** определяют по статическому уровню. Это уровень столба жидкости, установившийся в скважине после ее **длительной остановки**, при условии, что на него (столб) действует **атмосферное давление**.

$$P_{пл} = \rho_n g (H_{скв} - H_{ст}) \quad P_z = \rho_n g (H_{скв} - H_{дин})$$

Уровень жидкости, который установился в работающей скважине, при условии, что на него действует **атмосферное** давление называется **динамическим** уровнем.

$$V_{\text{порода}} = V_{\text{пор}} + V_{\text{тв..фаз}}$$

В общем случае объем породы складывается из объема **пор** и объема твердой фазы.

В процессе разработки при $P_g = \text{const}$ изменяется $P_{пл}$ и вследствие этого изменяется $\sigma_{эф}$.

Когда пластовое давление падает,

- горное давление растет,
- скелет породы расширяется,
- пористость уменьшается,
- происходит перераспределение зерен и их дополнительная деформация,
- изменяется плотность упаковки,
- меняется структура порового пространства

Упругие свойства пород характеризуются 3-мя коэффициентами **сжимаемости**

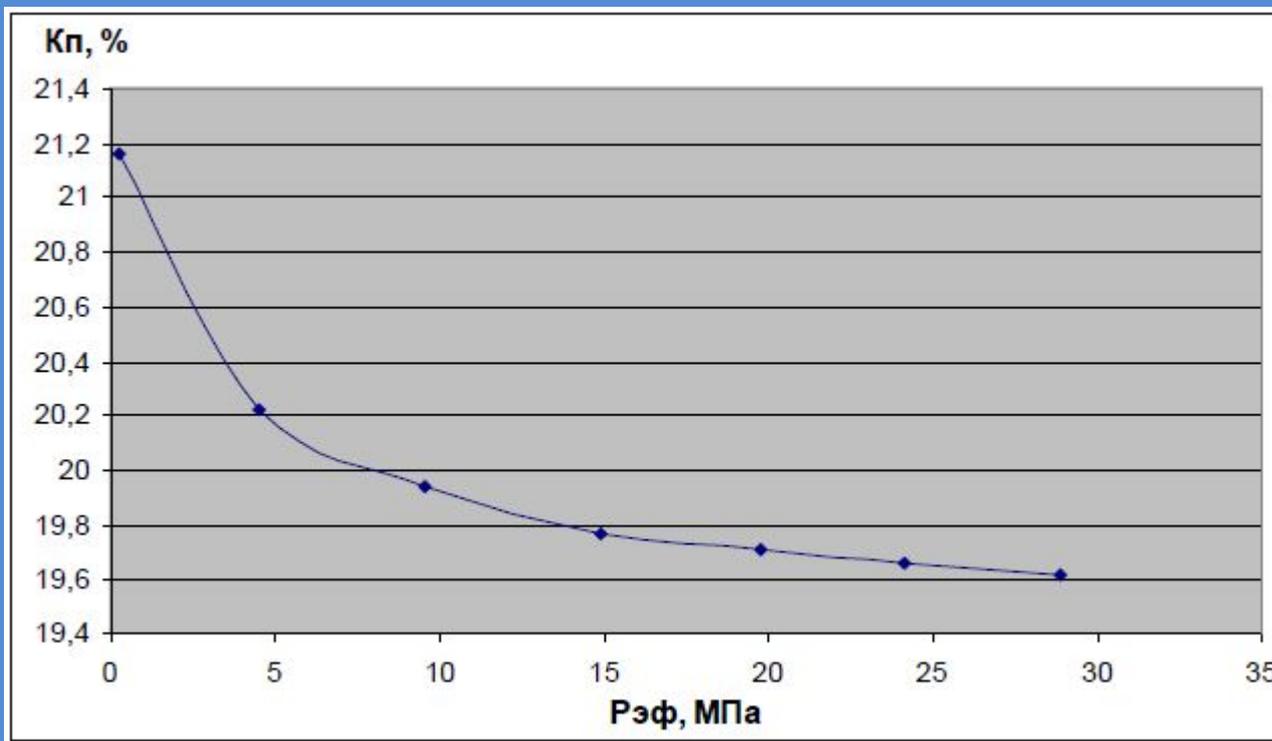
$$b_{\text{порода}} = - \frac{1}{V} \times \frac{dV}{ds_{\text{эф}}} \quad b_{\text{пор}} = - \frac{1}{V} \times \frac{dV}{ds_{\text{эф}}} \quad b_{\text{тв}} = - \frac{1}{V} \times \frac{dV}{ds_{\text{эф}}}$$

Между ними
простое
соотношение

$$b_{\text{порода}} = m \times b_{\text{пор}} + b_{\text{тв..фаза}}$$

С падением пластового давления происходит понижение пористости. Это изменение определяется **коэффициентом объемной упругости пласта**. Он определяет изменение объема пор в объеме породы.

$$b_c = \frac{1}{V_{\text{порода}}} \times \frac{dV_{\text{пор}}}{dP_{\text{пл}}} = m \times b_{\text{пор}}$$



Влияние эффективного давления на пористость пород Тевлин-Русскинского месторождения (Кпр=74,7 мД)

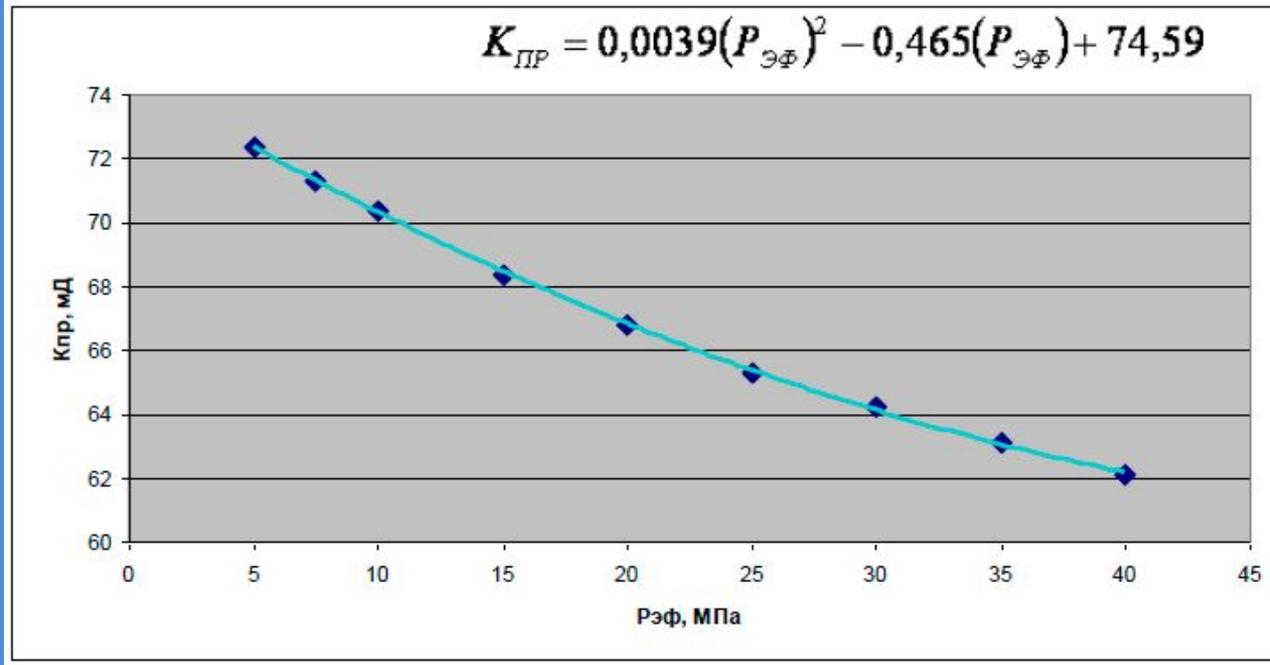
Закон изменения пористости в зависимости от изменения эффективного давления

$$m = m_0 \times e^{(- a s_{эф})}$$

Экспоненциальная

$$m = m_0 \times S_{эф}^{-n}$$

Степенная



Влияние эффективного давления на проницаемость пород Тевлин-Русскинского месторождения

Закон изменения проницаемости в зависимости от изменения эффективного давления

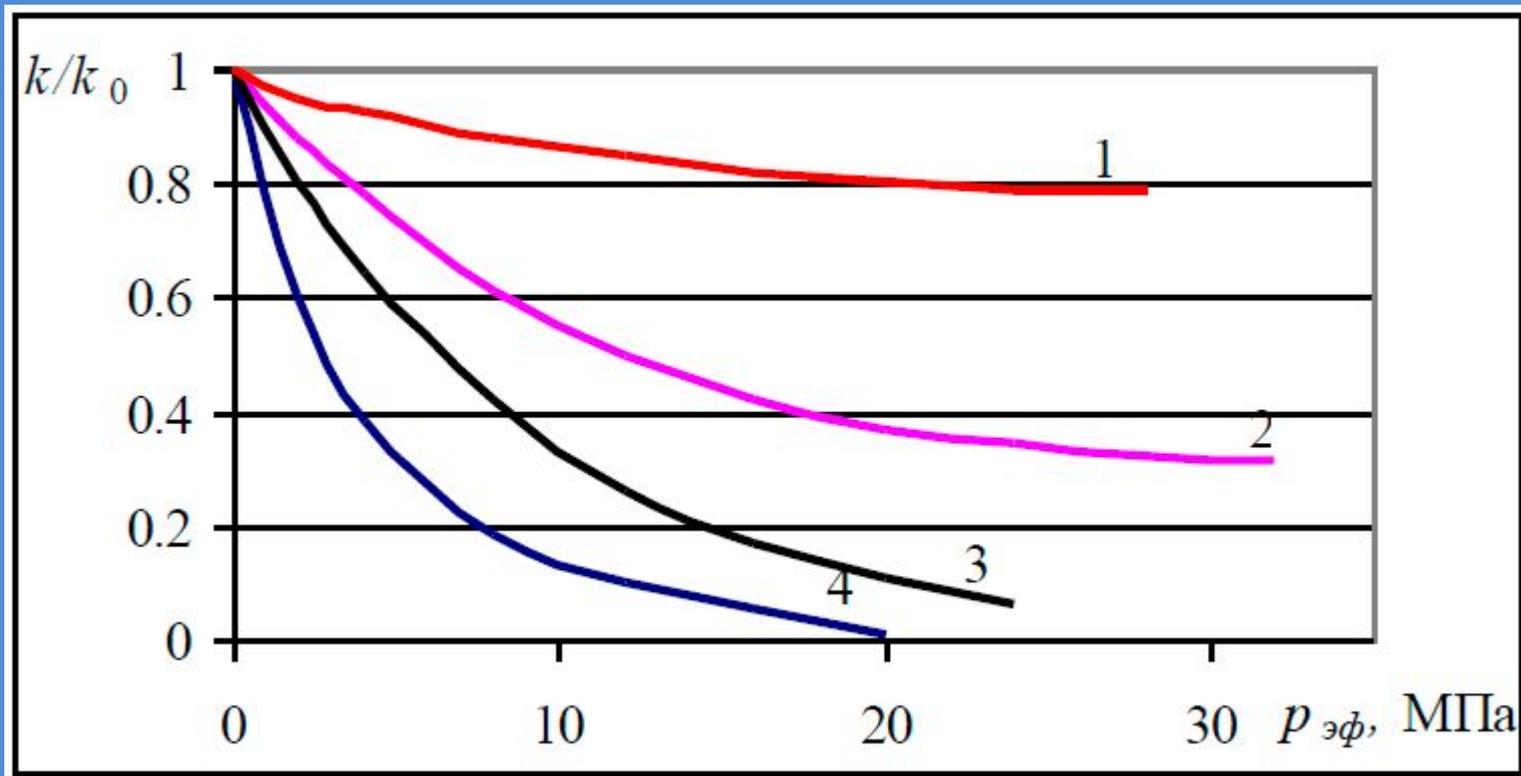
$$K_{пр} = K_0 \times e^{(-a(p_0 - p))}$$

Экспоненциальная

$$K_{пр} = K_0 \times S_{эф}^{-m}$$

Степенная

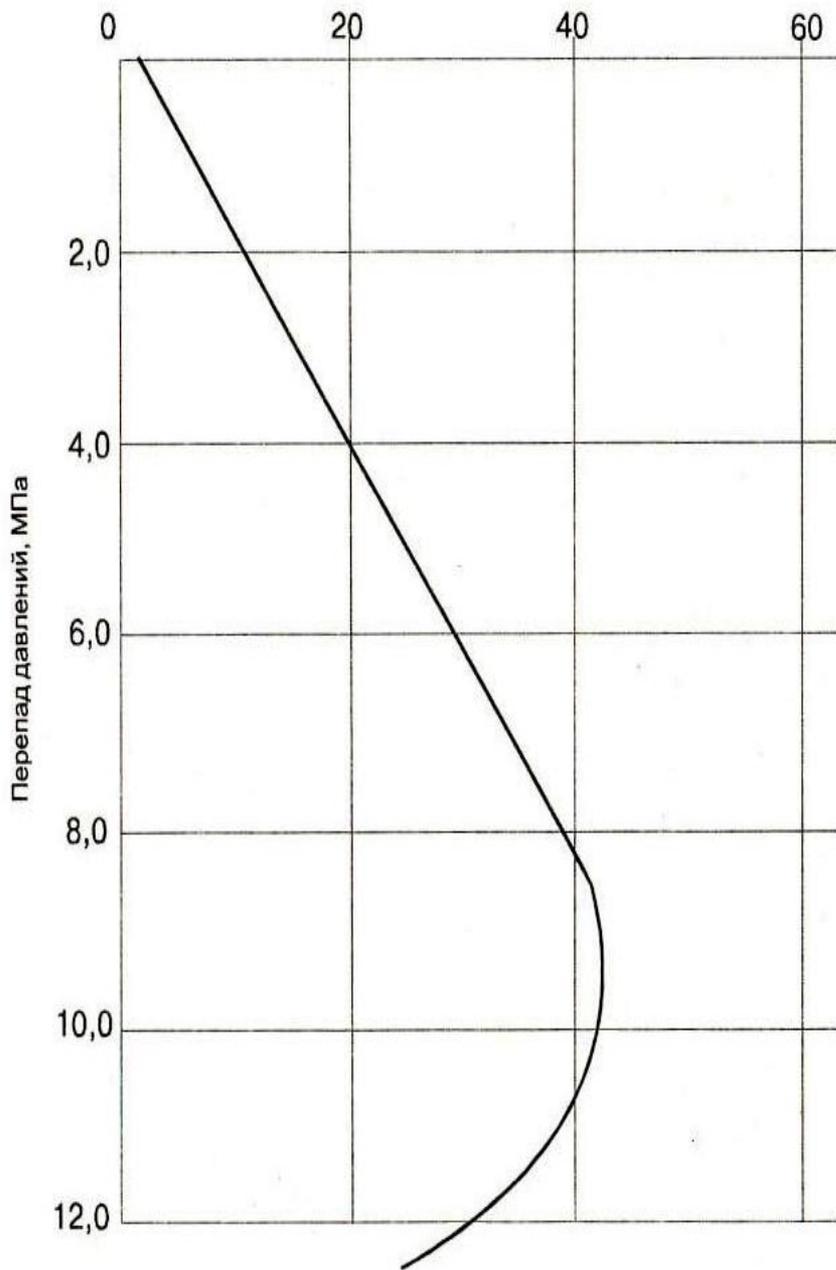
При уменьшении пористости на **5%** проницаемость уменьшается на **25%**.
То есть в промышленных расчетах **нельзя пренебрегать** изменением проницаемости.



Влияние эффективного давления на проницаемость коллектора

1, 2 – чистые песчаники, 3,4 – глинистые песчаники, трещинные породы.

Дебит жидкости, куб. м /сут



Изменение проницаемости играет большую роль при разработке нефтяных и газовых месторождений, так как при изменении проницаемости изменяется дебит скважины и закон фильтрации флюида.

Из рисунка видно, что увеличение депрессии может привести к уменьшению дебитов скважин за счет уменьшения проницаемости пород пласта.