

## 2.6. Электропроводность горных пород

## 2.6.1 Уравнение Бруггемана-Ханаи-Сена (БХС)

$$\sigma = \sigma_0 n^m \left( \frac{1 - \sigma_{eff} / \sigma_0}{1 - \sigma_{eff} / \sigma} \right)^m$$

Электропроводность:

- ✓  $\sigma$  породы;
- ✓  $\sigma_{eff}$  зерна;
- ✓  $\sigma_0$  воды;
- ✓  $n$  пористость;
- ✓  $m$  параметр, зависящий от формы зерна  $3/2 < m < 5/2$

$$\sigma_{eff} \rightarrow 0:$$

$$\sigma \rightarrow \sigma_0 n^m$$

## 2.6.2 Параметр пористости (Формационный фактор)

Определение:

$$F = \frac{\sigma_0}{\sigma} = \frac{\rho}{\rho_0} = n^{-m}$$

$$\sigma_{eff} \rightarrow 0$$

$$1.5 < m < 2.5, \quad m \approx 2$$

Это определение основано на экспериментальном законе Арчи

# Интерпретация, 2D модель:

Проводимость поры:

$$Y = \sigma_0 \frac{S_0}{l}$$

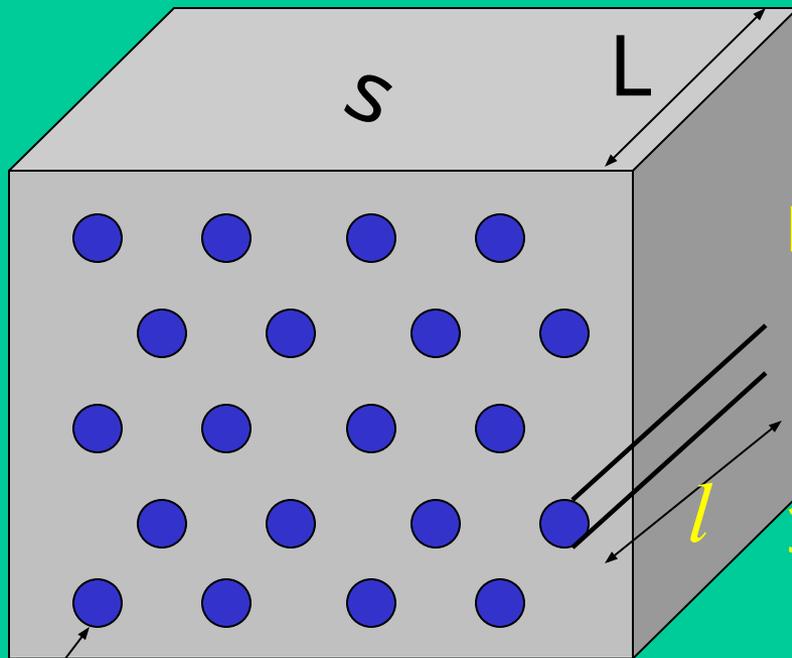
Проводимость к пор:

$$Y_t = \sigma_0 \frac{kS_0}{l}$$

Электропроводность породы:

$$\sigma = Y_t \frac{L}{S} = \sigma_0 \frac{kS_0}{l} \frac{L}{S} = \sigma_0 \frac{kS_0 l}{l^2} \frac{L^2}{SL} = \sigma_0 n \mathcal{G}^{-2}$$

$$\mathcal{G} = \frac{l}{L} \text{ -электрическая извилистость}$$

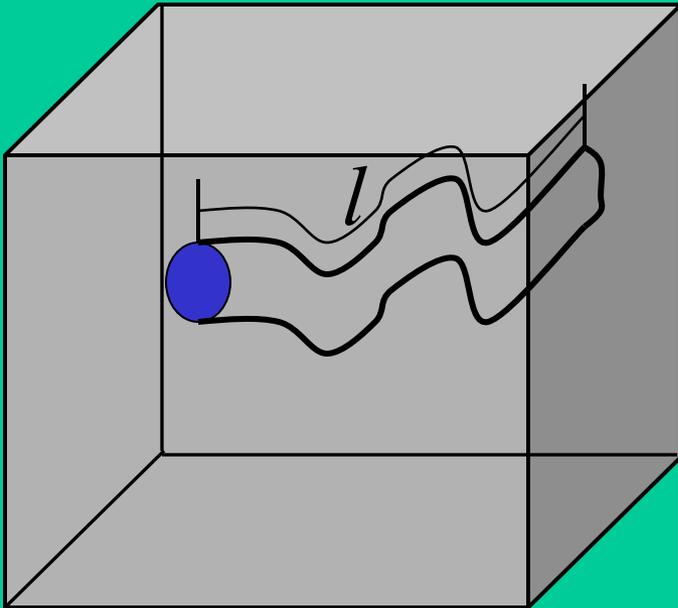


$S_0, \sigma_0$

$k$  -число пор

# Более сложная модель

$\vartheta > 1$

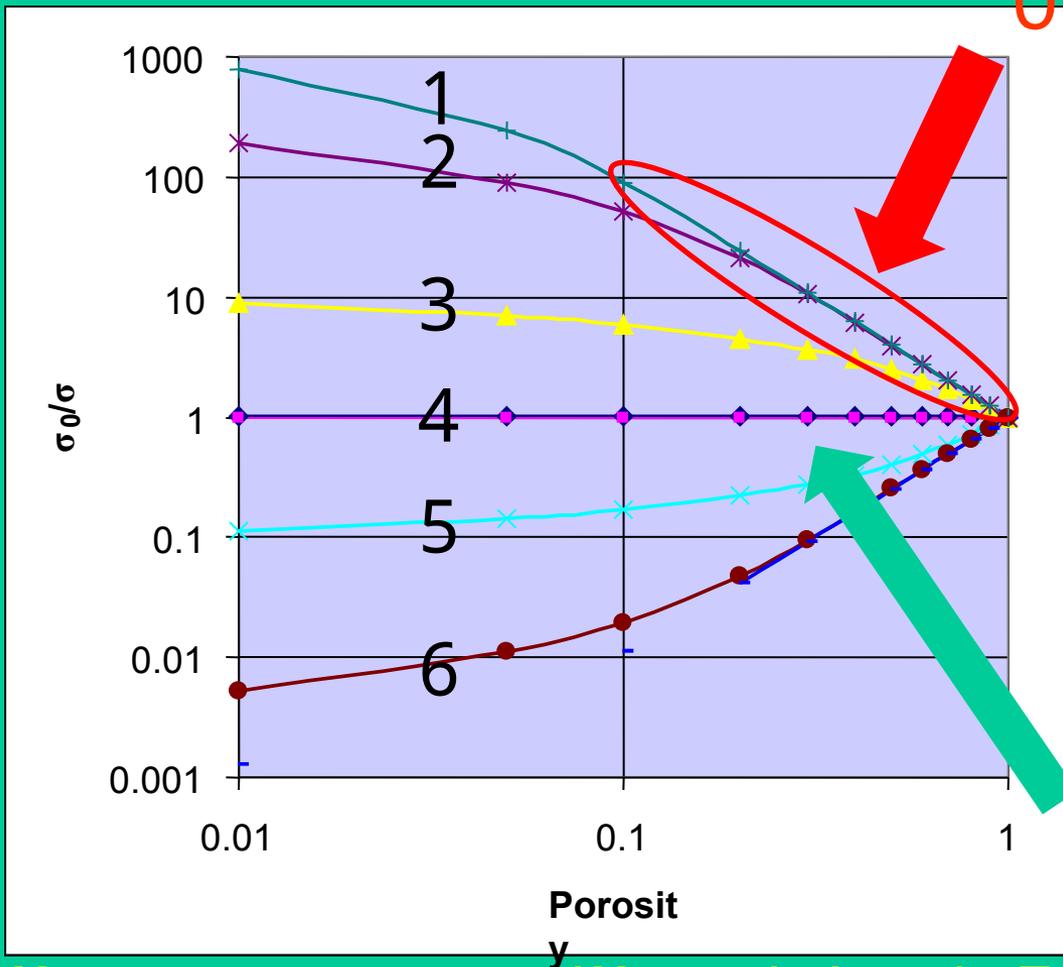


$$\sigma = \sigma_0 n \vartheta^{-2}$$

## 2.6.3 Как поверхностная проводимость влияет на электропроводность пород?

# Моделирование электропроводности на основе формулы БХС

Область Арчи



$$m=2;$$

$$a=10^{-6}\text{m};$$

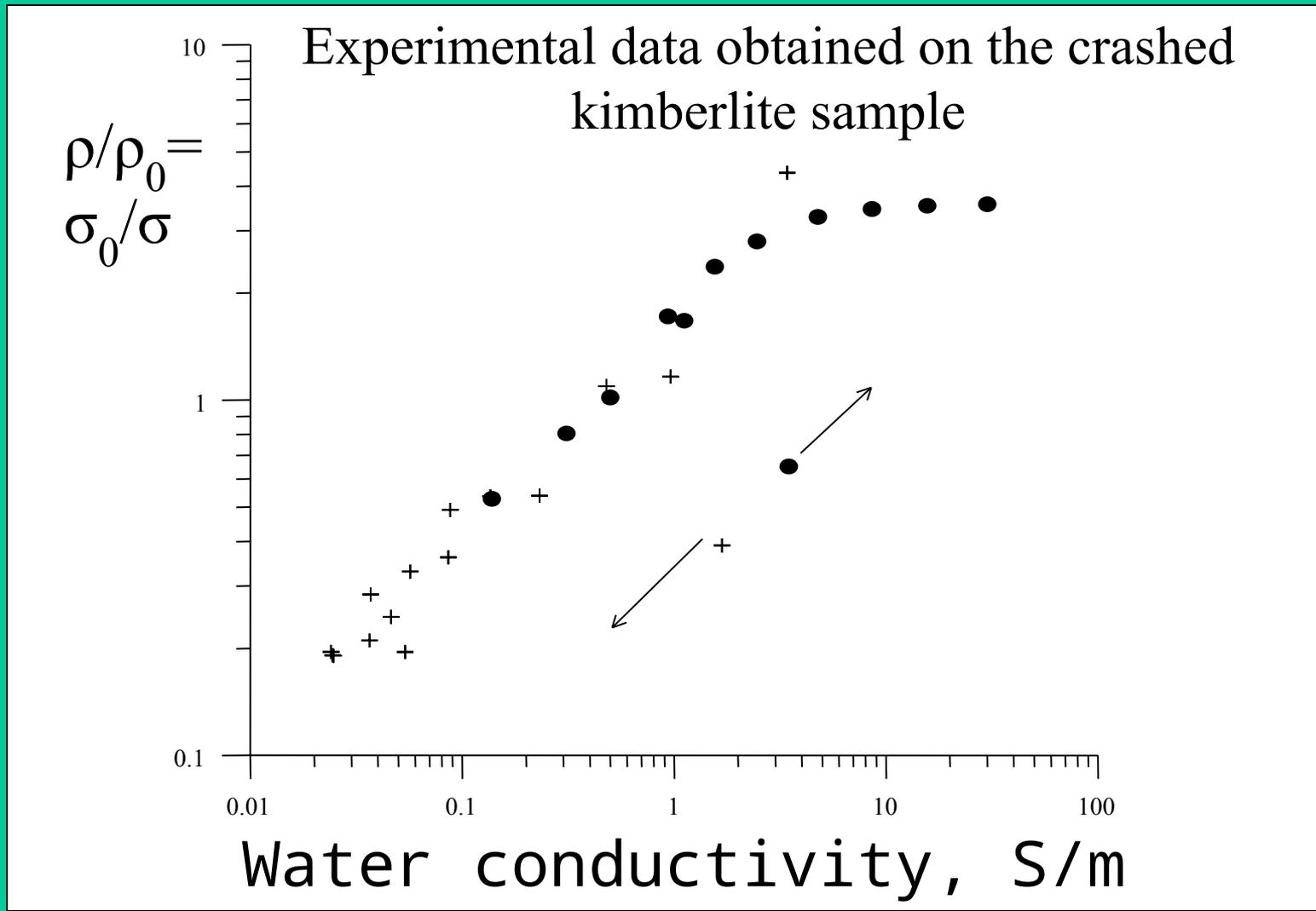
$$\varphi_1=150\text{ mV};$$

$$\beta=4\times 10^{-8}\text{ m}^2(\text{Vs})^{-1}$$

Область  
изопроводимости

Минерализация (Моль/л): 1.7 (1), 0.17(2),  
0.017(3),  $8.4\times 10^{-3}$ (4),  $1.7\times 10^{-3}$ (5),  $1.7\times 10^{-4}$ (6)

# Результаты опыта



# Неводонасыщенные породы

Напоминание (3-н  
Арчи):

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_n} = \frac{\rho_n}{\rho_p} = F = \Pi_n = n^{-a}$$

Обобщение для неводонасыщенных  
пород:

$b \sim 1-2$

$$\frac{\sigma_{\text{ненас}}}{\sigma_{\text{нас}}} = \frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_{\text{ненас}}} = S^b$$

Влажность

Насыщение  $S = W/n$

Пористость

Насыщенные

# Выводы

- Электропроводность пород зависит от объемной и поверхностной проводимости;
- Объемная проводимость насыщенных и ненасыщенных пород описывается законом Арчи;
- Поверхностная проводимость “маскирует” зависимость электропроводности от пористости.