

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:

- ✓ σ породы;
- ✓ σ_{eff} зерна;
- ✓ σ_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:

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

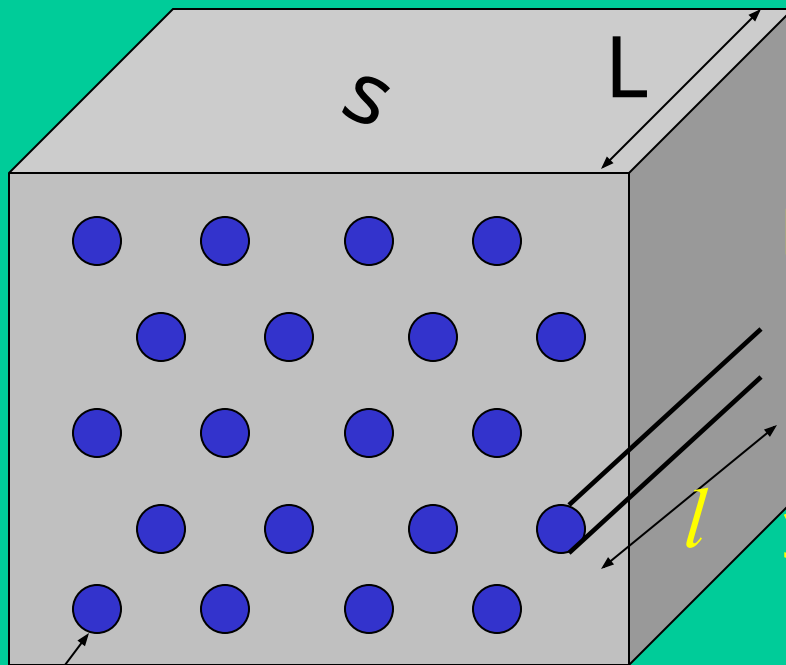
Проводимость к пор:

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

Электропроводность породы:

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

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

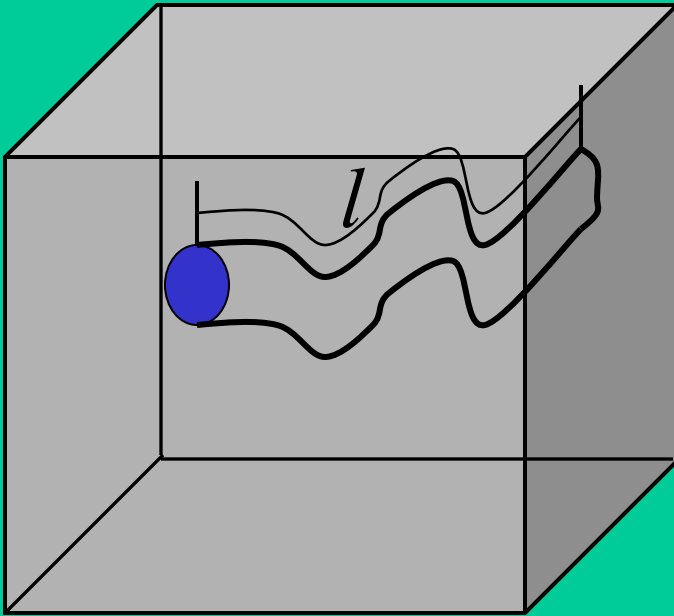


S_0, σ_0

k -число пор

Более сложная модель

$\vartheta > 1$

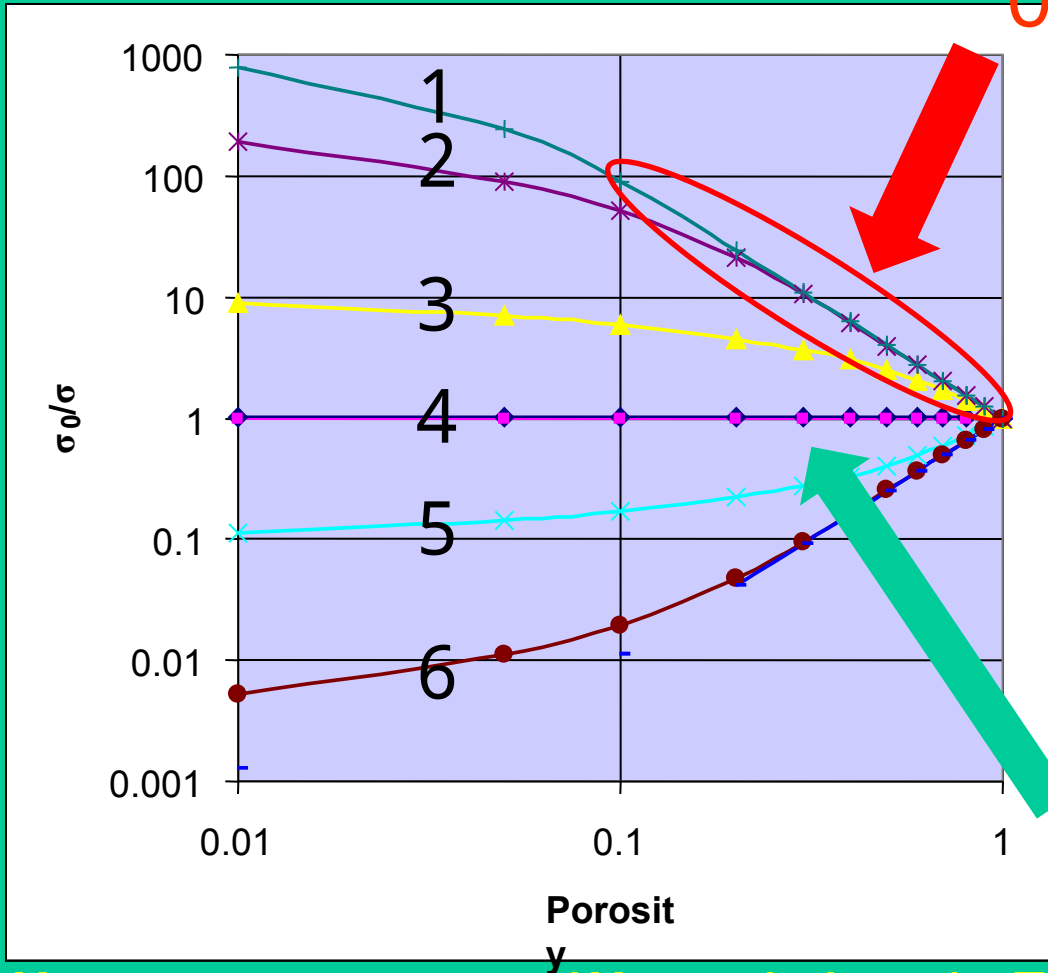


$$\sigma = \sigma_0 n \vartheta^{-2}$$

2.6.3 Как поверхностная проводимость влияет на электропроводность пород?

Моделирование электропроводности на основе формулы БХС

Область Арчи

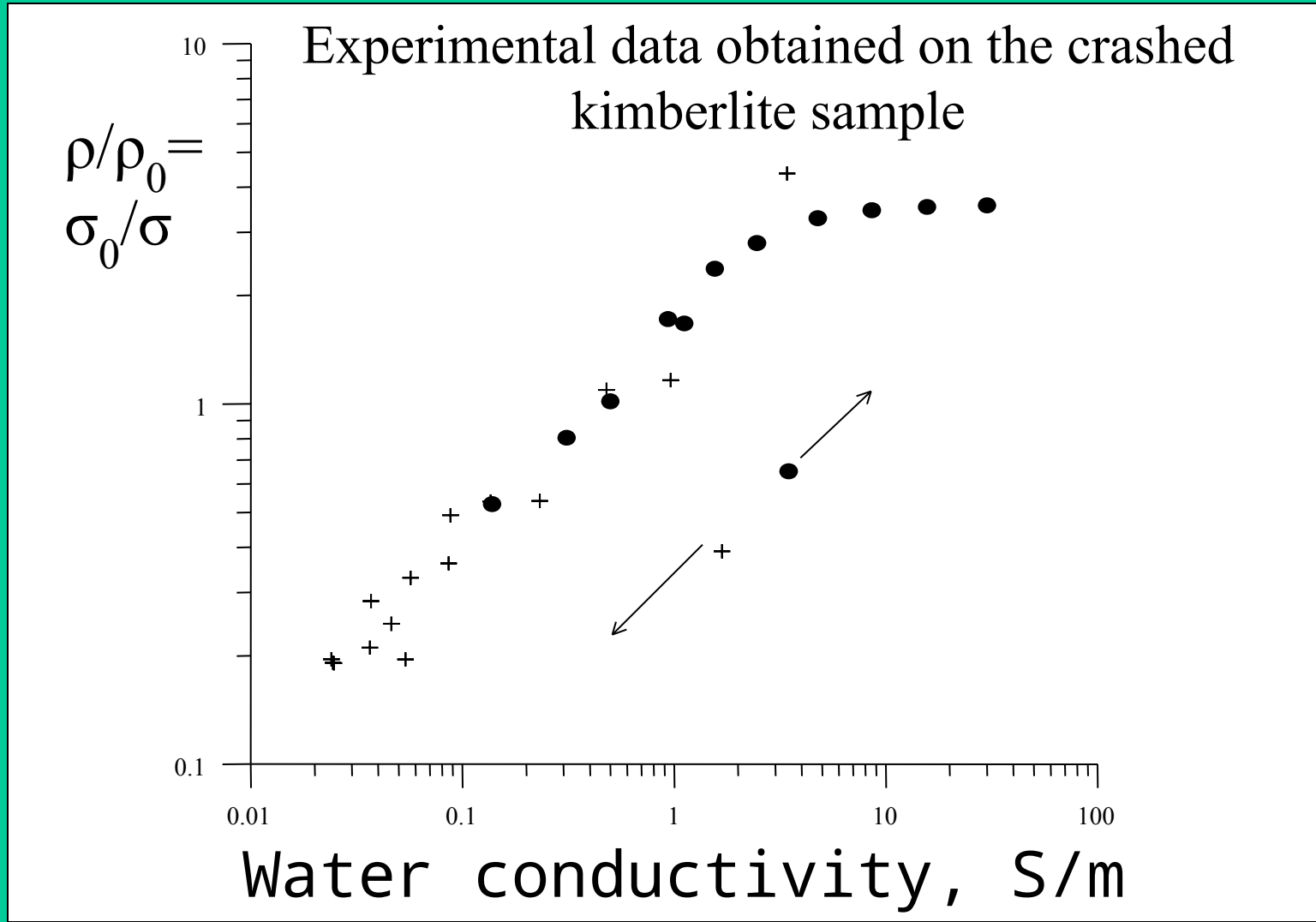


$$m=2;$$
$$a=10^{-6}\text{m};$$
$$\varphi_1=150\text{ mV};$$
$$\beta=4\times 10^{-8}\text{ m}^2(\text{Vs})^{-1}$$

Область
изопроводимости

Минерализация (Моль/л): 1.7 (1), 0.17(2),
0.017(3), 8.4×10^{-3} (4), 1.7×10^{-3} (5), 1.7×10^{-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.