



# Физика горных пород

**для студентов специальности 6В07201  
«Геология и разведка месторождений  
полезных ископаемых»**



# Электрическое поле точечного источника. Зависимость КС от различных факторов

---

## План лекции

1. Электрическое поле точечного источника
2. КС в однородной изотропной среде
3. КС в неоднородной изотропной среде

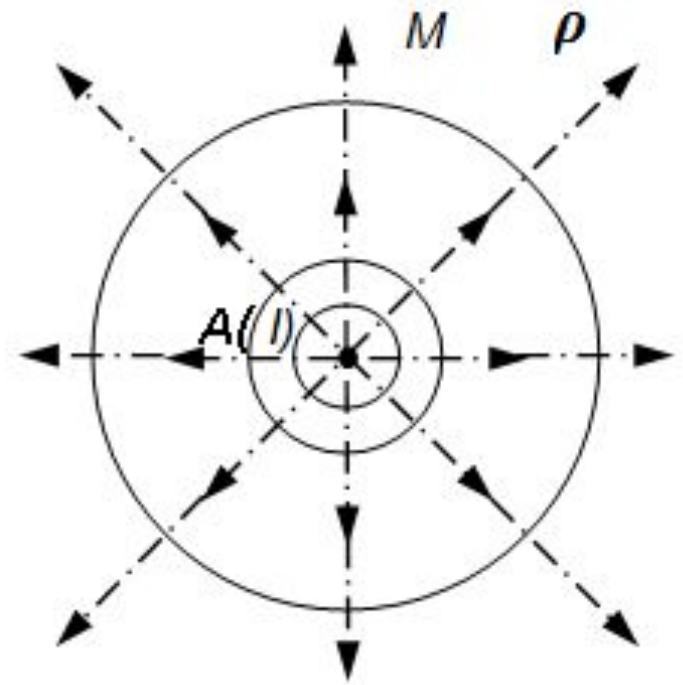
# Электрическое поле точечного источника

Имеется однородная изотропная среда с УЭС  $\rho$ . В эту среду помещается точечный источник  $A$ , с вытекающим из него током  $I$ . Токовые линии точечного источника представляют собой прямые линии.

Эквипотенциальные поверхности имеют форму сферы с центром в точке  $A$ .

Требуется определить потенциал и напряжённость в любой точке электрического поля.

$$\rho, I \\ E - ? \quad U - ?$$





## Электрическое поле точечного источника

---

Определим потенциал и напряженность в точке М. Плотность тока через эквипотенциальную поверхность, проходящую через точку М будет определяться выражением:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{I}{4\pi r^2}$$

Известно также, что

$$j = \frac{E}{\rho}$$

отсюда

$$E = j\rho, \quad E = \frac{I\rho}{4\pi r^2}$$

где  $r$  – расстояние от источника тока до точки, в которой определяется напряженность и потенциал .



## Электрическое поле точечного источника

---

Потенциал, это непрерывная функция координат, частная производная от которой с противоположным знаком есть составляющая напряженности поля:

$$E = - \frac{\partial U}{\partial r} , \quad \frac{\partial U}{\partial r} = - \frac{\rho I}{4 \pi r^2} ,$$

$$U = - \int \frac{\rho I}{4 \pi r^2} \partial r = \frac{\rho I}{4 \pi r} + C , \quad \left( \int x^\alpha dx = \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} = C \right)$$

$$U = \frac{\rho I}{4 \pi r}$$



## КС в однородной изотропной среде

Целью каротажа методом КС является определение УЭС, при этом с помощью каротажной станции измеряется сила тока  $I$  и разность потенциалов  $\Delta U$  между электродами  $M$  и  $N$ .

$$U_M = \frac{\rho I}{4\pi AM} \quad (1) \quad U_N = \frac{\rho I}{4\pi AN} \quad (2)$$

Из (1) и (2) найдем  $\Delta U$ :

$$\Delta U = U_M - U_N = \frac{\rho I}{4\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right) = \frac{\rho I}{4\pi} \left( \frac{AN - AM}{AM \times AN} \right) = \frac{\rho I}{4\pi} \times \frac{MN}{AM \times AN} \quad (3)$$



## КС в однородной изотропной среде

Отсюда найдем УЭС:

$$\rho = 4\pi \frac{AM \times AN}{MN} \times \frac{\Delta U}{I} \quad (4)$$

Из (4) следует, что  $\frac{\Delta U}{I}$  определяет сопротивление слоя среды, находящейся между двумя эквипотенциальными поверхностями, проходящими через измерительные электроды М и N.

$$K = 4\pi \frac{AM \times AN}{MN} \quad (5)$$

- коэффициент зонда, характеризует геометрические параметры зонда.

Тогда из (4) и (5) следует:

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I}$$



## КС в неоднородной изотропной среде

---

Обычно при геофизических исследованиях скважин имеют дело с неоднородными средами и определяемое УЭС называют кажущимся.

$$\rho_{\kappa} = K \frac{\Delta U}{I}$$

КС в неоднородной среде равно истинному удельному сопротивлению однородной фиктивной среды, создающей при тех же значениях силы тока и расстояниях между электродами такую же разность потенциалов.

В общем случае кажущееся сопротивление зависит от большого числа параметров и нахождение истинного сопротивления затруднено.





## КС в неоднородной изотропной среде

$$\rho_{\kappa} = f(\rho, h, \rho_{\text{вм1}}, \rho_{\text{вм2}}, d, \rho_0, \rho_{\text{гк}}, h_{\text{гк}}, \rho_{\text{зп}}, D, L, K)$$

При изменении любого из параметров изменится и кажущееся сопротивление.

$\rho = \rho_{\text{п}}$  – истинное УЭС пласта;

$h$  – мощность пласта;

$\rho_{\text{вм1}}, \rho_{\text{вм2}}$  – УЭС вмещающих пород;

$\rho_0 = \rho_{\text{с}} = \rho_{\text{р}}$  – УЭС в скважине;

$d = d_{\text{с}}$  – диаметр скважины,  $d_0$  – номинальный диаметр скважины;

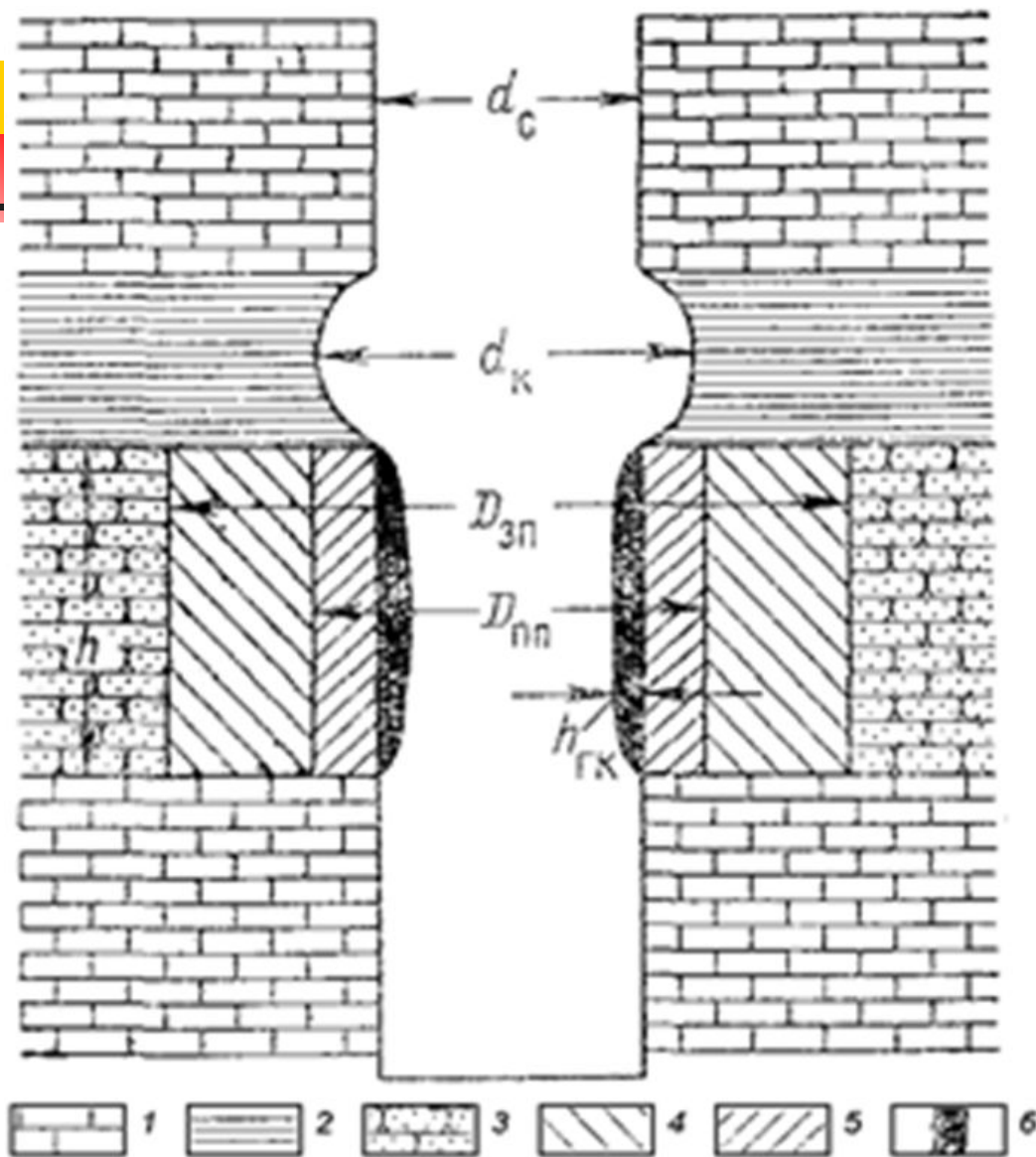
$\rho_{\text{гк}}$  – УЭС глинистой корки;

$h_{\text{гк}}$  – толщина глинистой корки;

$\rho_{\text{зп}}$  – УЭС зоны проникновения фильтрата бурового раствора в пласт

$D = D_{\text{зп}}$  – диаметр зоны проникновения;

$L$  – длина зонда.



1 - известняк плотный,  
 2 - глина, 3 - песчаник  
 проницаемый, 4 - зона  
 проникновения  
 фильтрата  
 промывочной  
 жидкости, 5 -  
 промытая зона, 6 -  
 глинистая корка  $d_c$  -  
 диаметр скважины,  $d_k$   
 - диаметр каверны,  $d_{зп}$   
 - диаметр зоны  
 проникновения,  $d_{пп}$  -  
 диаметр промытой  
 зоны,  $d_{гк}$  - толщина  
 глинистой корки



## Рекомендуемая литература

---

1. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин
2. Комаров С.Г. Геофизические методы исследований скважин
3. Итенберг С.С. Промысловая геофизика
4. Заворотько Ю.М. Геофизические методы исследования скважин
5. Итенберг С.С., Дахкильгов Т.Д. Геофизические исследования в скважинах
6. Горбачев Ю.И. Геофизические исследования скважин