

Влияние расположения глинистых прослоев на показание приборов ВИКИЗ.

Н. К. Корсакова, В. И. Пеньковский

Глинистость пласта, состоящего из тонких прослоев коллектора и глинистых прослоев

$$\Gamma = \frac{\sum_i h_i^c}{\sum_i h_i^c + \sum_i h_i^k} - \text{доля прослоев глины в пласте;}$$

· $1 - \Gamma$ – доля прослоев-коллекторов;

$$R_z = \Gamma R^c + (1 - \Gamma) R^k - \text{вертикальная компонента тензора сопротивления}$$

$$R_r = \frac{R^c R^k}{(1 - \Gamma) R^c + \Gamma R^k} - \text{горизонтальная (рад.) компонента тензора}$$

$$\langle R \rangle = \sqrt{R_z R_r} - \text{среднее геометрическое значение величины УЭС из УЭС в радиальном и вертикальном направлениях}$$

Данаев Н.Т., Корсакова Н.К., Пеньковский В.И. Массоперенос в прискважинной зоне и электромагнитный каротаж пластов. Алматы: Казак университеті. 2005. 180 с.

Случай проникновения бурового раствора в нефтеносный пласт с прослойками.

Распределение кажущегося УЭС по радиусу от скважины

$$\bar{R}(r_i) = \frac{\langle R_n \rangle - \langle R_{oz} \rangle}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \ln \frac{x_{oz}}{x_i} - \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right) \right] + \frac{\langle R_{oz} \rangle}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \ln \frac{x_\phi}{x_i} - \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right) \right] + \frac{\langle R_o \rangle}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \ln \frac{x_\phi}{x_i} - \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right) \right]$$

$\langle R_n \rangle$, $\langle R_{oz} \rangle$, $\langle R_o \rangle$ — средние геометрические значения УЭС зоны проникновения БР, окаймляющей зоны и зоны пласта

Для глины $R_{oz}^c = R_n^c = R_o^c = 0,4$

При $m_k = 0,2$; $m_c = 0,3$;

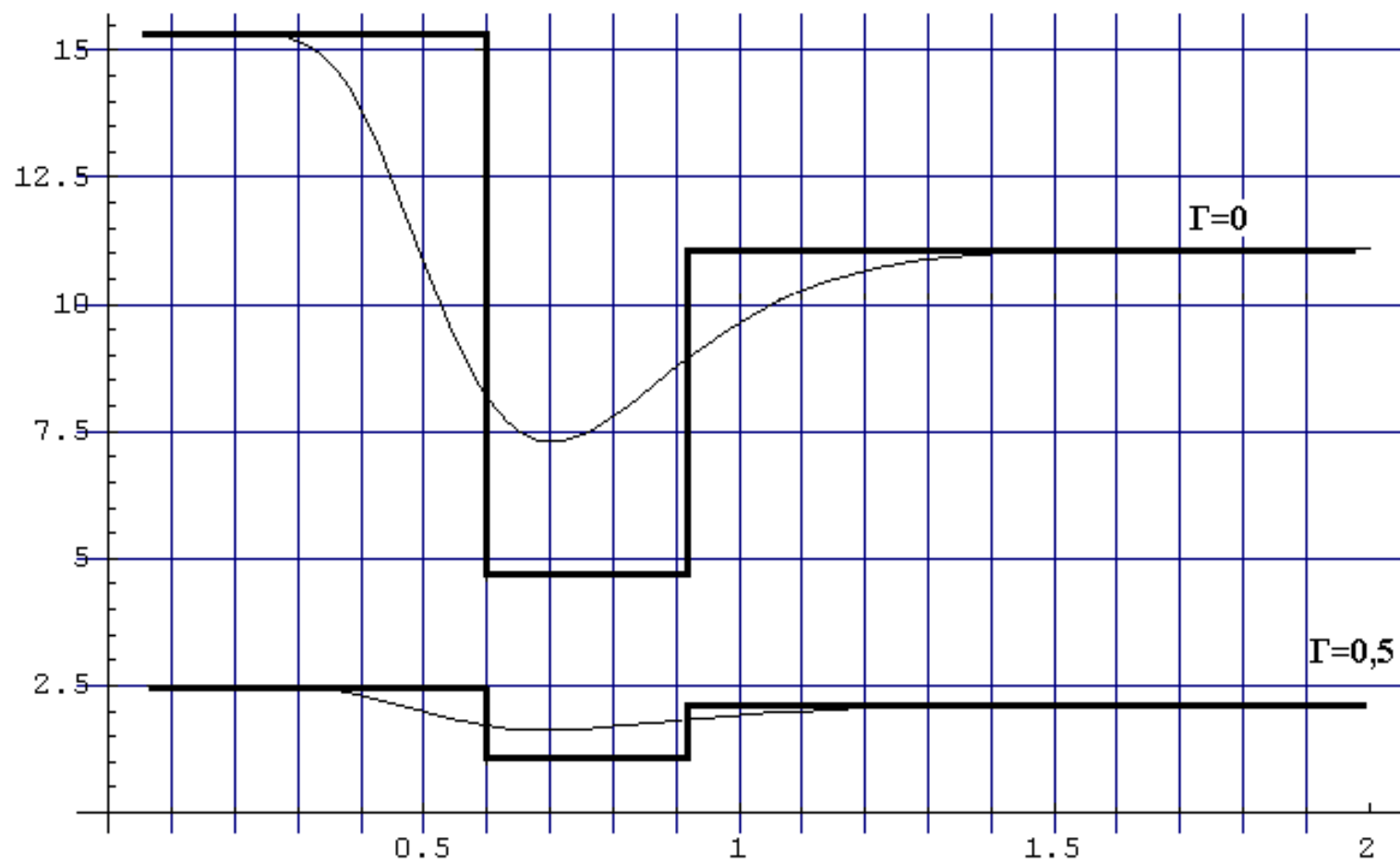
$$R_o^k = R_o^c (m_c / m_k)^2 = 0,9$$

$$R_n^k = \frac{R_{0n}^k}{(1 - \langle s \rangle)^2}, \quad R_{oz}^k = \frac{R_o^k}{(1 - \langle s \rangle)^2}, \quad \text{где } R_{0n}^k \text{ — сопротивление пласта при полном насыщении его БР,}$$

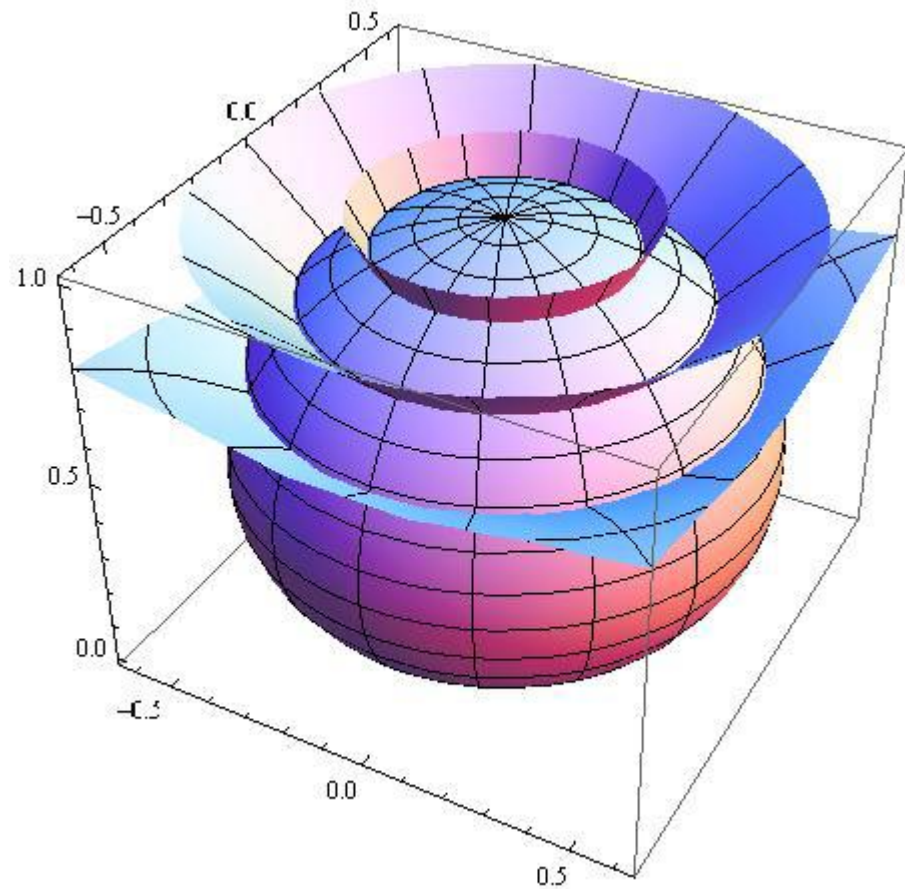
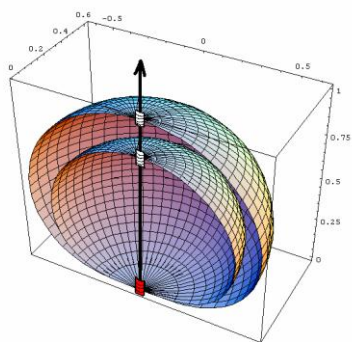
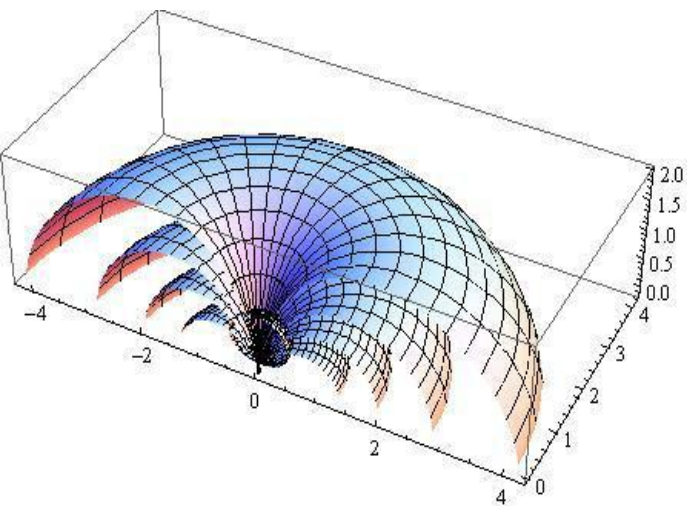
$\langle s \rangle$ — средняя нефтенасыщенность.

$$R_{0n}^k = 4, \quad \sigma = 0,5, \quad \text{при радиусе зоны проникновения } r_n = 0,5 \text{ м} \quad \langle s \rangle = 0,489 \quad \alpha = 0,16$$

Влияние глинистых прослоек



Синфазная поверхность и поверхности вихревых токов



Вертикальная разрешимость зонда

Объем между поверхностями $V^0 = V - V^1$

$$V = \pi \int_0^L r^2 dz = \frac{4\pi L^3}{15} \quad V^1 = \frac{4\pi(0.8)^3}{15} L^3.$$

$$V^0 = \frac{4\pi(1 - (0.8)^3)}{15} L^3.$$

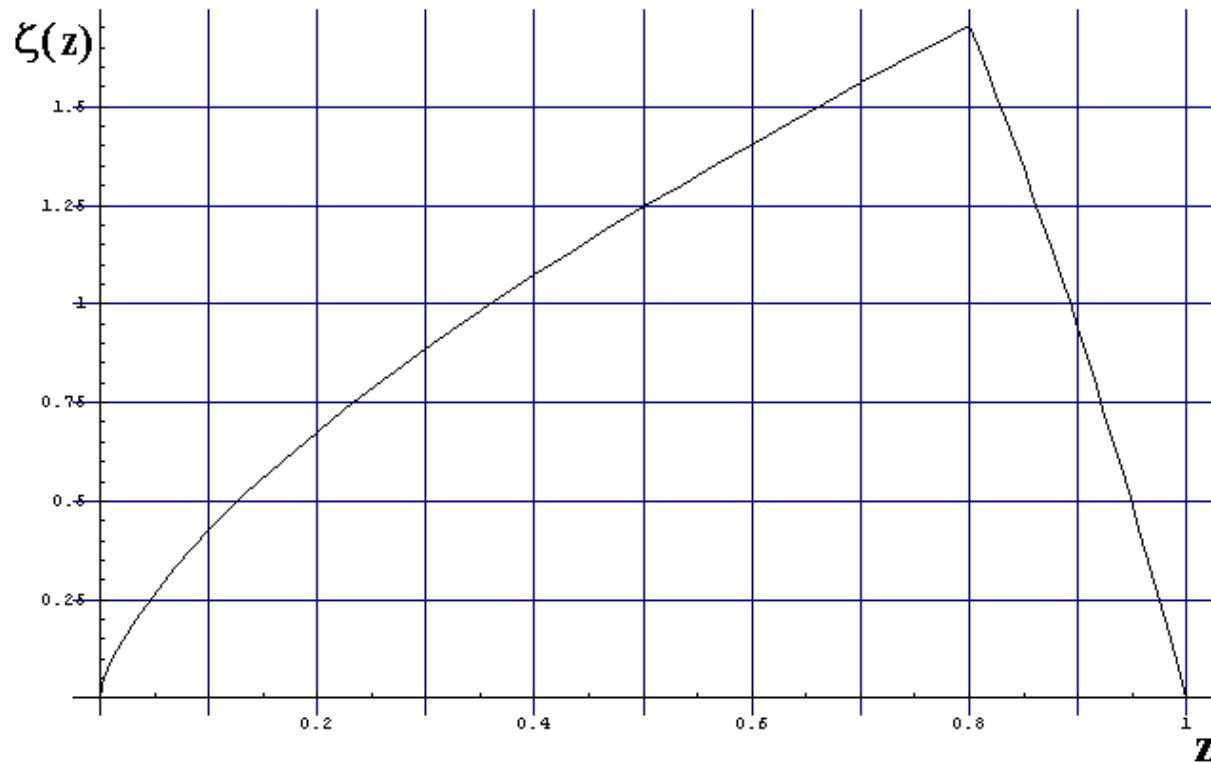
Нормированная плотность распределения объема в вертикальном направлении

$$\zeta(z) = \frac{dV_0(z)}{V^0 dz} \quad \int_0^L \zeta(z) dz = 1$$

$$\zeta(z) = \begin{cases} \zeta^+(z) = \frac{\pi L^2}{V^0} (\vec{z}^{2/3} - \vec{z}^2) & , \text{ если } \vec{z} = z/L \in (0.8, 1) \\ \zeta^-(z) = \frac{\pi L^2}{V^0} \vec{z}^{2/3} (1 - 0.8^{4/3}) & , \text{ если } \vec{z} \in (0, 0.8) \end{cases}$$

Эпов М.И., Пеньковский В.И., Корсакова Н.К. Фокусировка и пространственное разрешение электромагнитных трехкатушечных зондов // ДАН. 2009. Т. 427, № 1. С. 112-117.

Плотность вертикального распределения объема $V_0(\vec{z})$ (чувствительности зонда)



Логнормальное распределение радиальной чувствительности

$$\rho_i = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{\exp(-\sigma_i^2 / 2) \exp(-(\frac{1}{2\sigma_i^2} \ln^2 \frac{x}{x_i}))}{\sigma_i x_i} \quad x = r^2; \quad x_i = r_i^2$$

$$R_i(r_i) = \int_0^{\infty} R(r) \rho_i(r) r dr$$

$$R(r, z) = \begin{cases} R_t, & z \leq z_t \\ R(r), & z \in (z_t, z_b) \\ R_b, & z \geq z_b \end{cases}$$

z_t, z_b - координаты кровли и подошвы

R_t, R_b - УЭС кровли и подошвы нефтяного пласта

Кажущееся удельное электрическое сопротивление

$$\vec{R} = \int_0^1 \int_0^{\infty} \zeta(z) (R(r, z) \rho_0(r)) dr dz$$

Вычисление коэффициентов влияния.

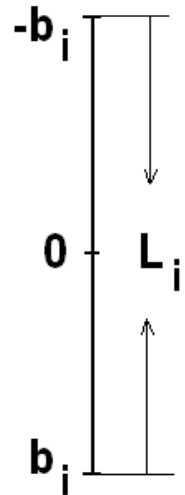
В новой системе координат

$z = 0$ - положение центров зондов

$$b_i = L_i / 2$$

$$\zeta_i(z) = \begin{cases} A^- \left(\frac{z+b_i}{2b_i} \right)^{2/3}, & -b_i \leq z \leq 0.6b_i; \\ A^+ \left[\left(\frac{z+b_i}{2b_i} \right)^{2/3} - \left(\frac{z+b_i}{2b_i} \right)^2 \right], & 0.6b_i \leq z \leq b_i. \end{cases}$$

- функция плотности
чувствительности по вертикали



где $A^+ = \frac{15}{4} \frac{1}{1 - (0.8)^3}$, $A^- = A^+ (1 - 0.8^{4/3})$

$$\frac{1}{2b_i} \int_{-b_i}^{b_i} \zeta_i(z) dz = 1 \quad - \text{условие нормировки для каждого } i\text{-го зонда}$$

$$C_i(z) = \frac{1}{2b} \int_{z_1}^{z_2} \zeta_i(z) dz \quad \text{- весовой коэффициент для любой прослойки с границами } z_1 \text{ и } z_2, \text{ попадающей в поле разрешения зонда}$$

$$C_i^-(z) = \frac{A^-}{2b_i} \int_{-b_i}^z \left(\frac{z+b_i}{2b_i}\right)^{2/3} dz = 0.3737(1+z/b_i)^{5/3} \quad \text{при } z \in (-b_i, 0.6b_i)$$

$$C_i^+(z) = \frac{1}{2b_i} \int_{-b_i}^z \zeta_i(z) dz = C_i^-(0.6b_i) + \frac{A^+}{2b_i} \int_{0.6b_i}^z \left[\left(\frac{z+b_i}{2b_i}\right)^{2/3} - \left(\frac{z+b_i}{2b_i}\right)^2 \right] dz =$$

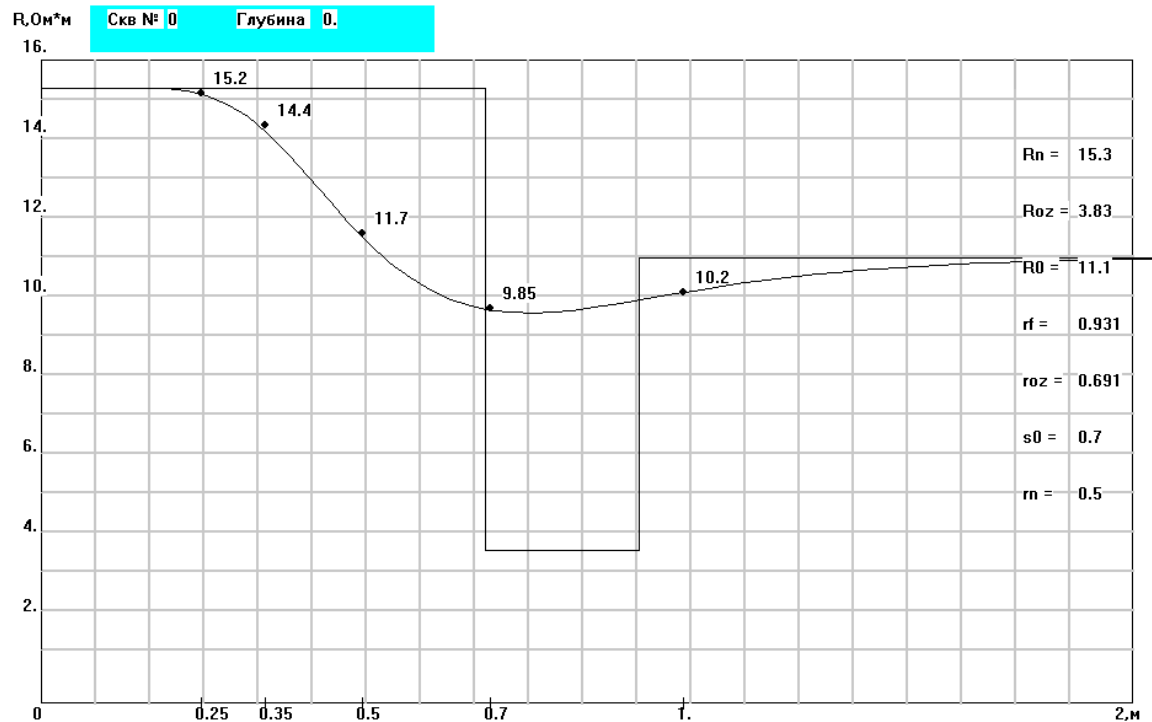
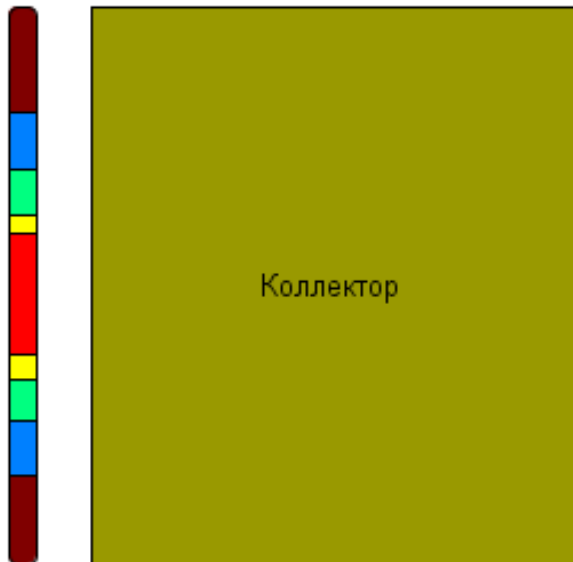
$$= 1.4524(1+z/b_i)^{5/3} - 0.3202(1+z/b_i)^3 - 1.0491 \quad \text{при } z \in (0.6b_i, b_i)$$

$$\Rightarrow C_i = C_i^\pm(z_2) - C_i^\pm(z_1) \quad \text{- коэффициенты влияния}$$

Вычисление кажущегося УЭС в общем случае расположения слоев

$$\bar{R}_i = C_t(z_t, b_i)R_t + C_i R_i + C_b(z_b, b_i)R_b$$

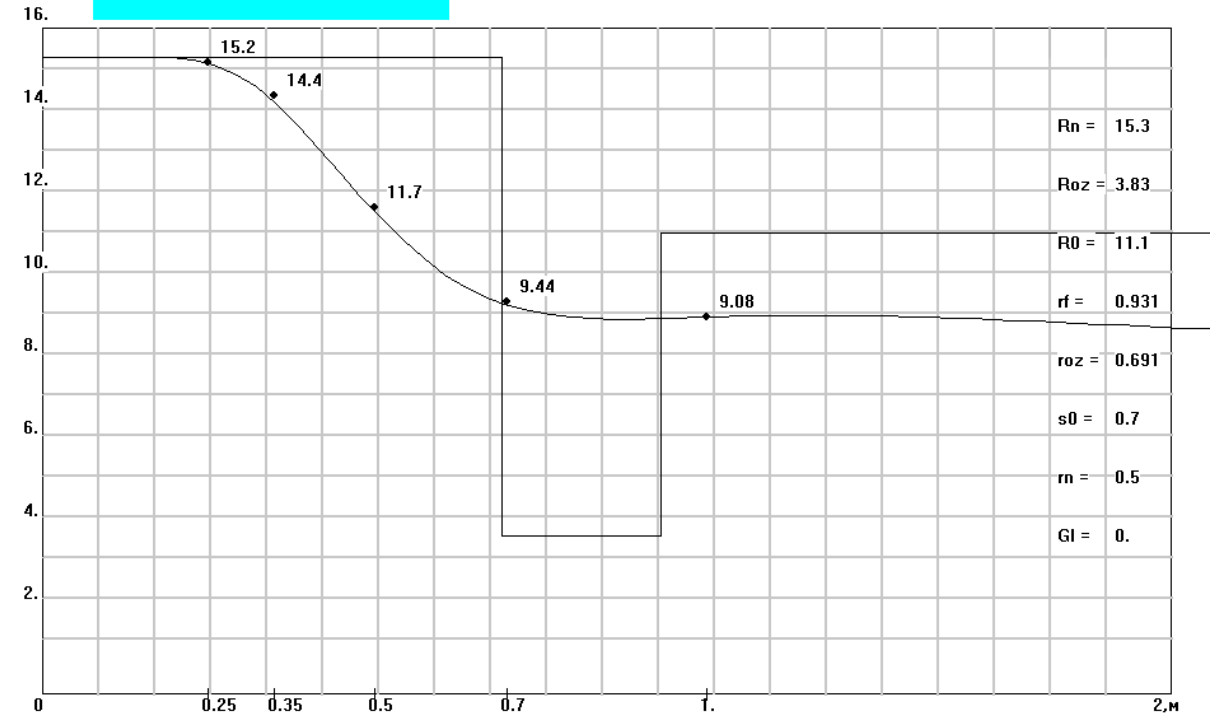
Распределение кажущегося УЭС в однородном пласте нефти



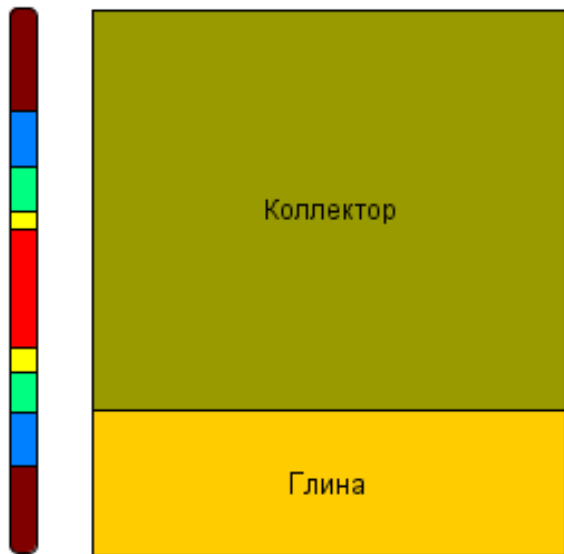
Влияние глинистой кровли



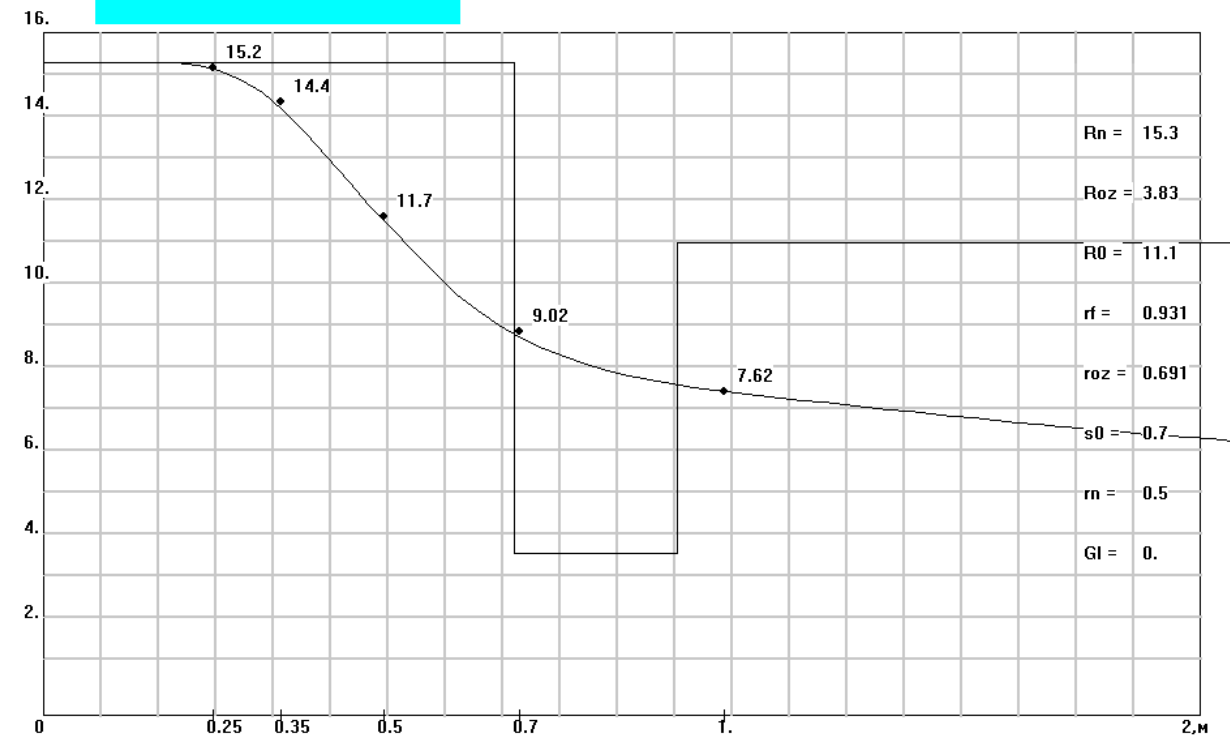
Скв № 0 Глубина 0.



Влияние глинистой подошвы



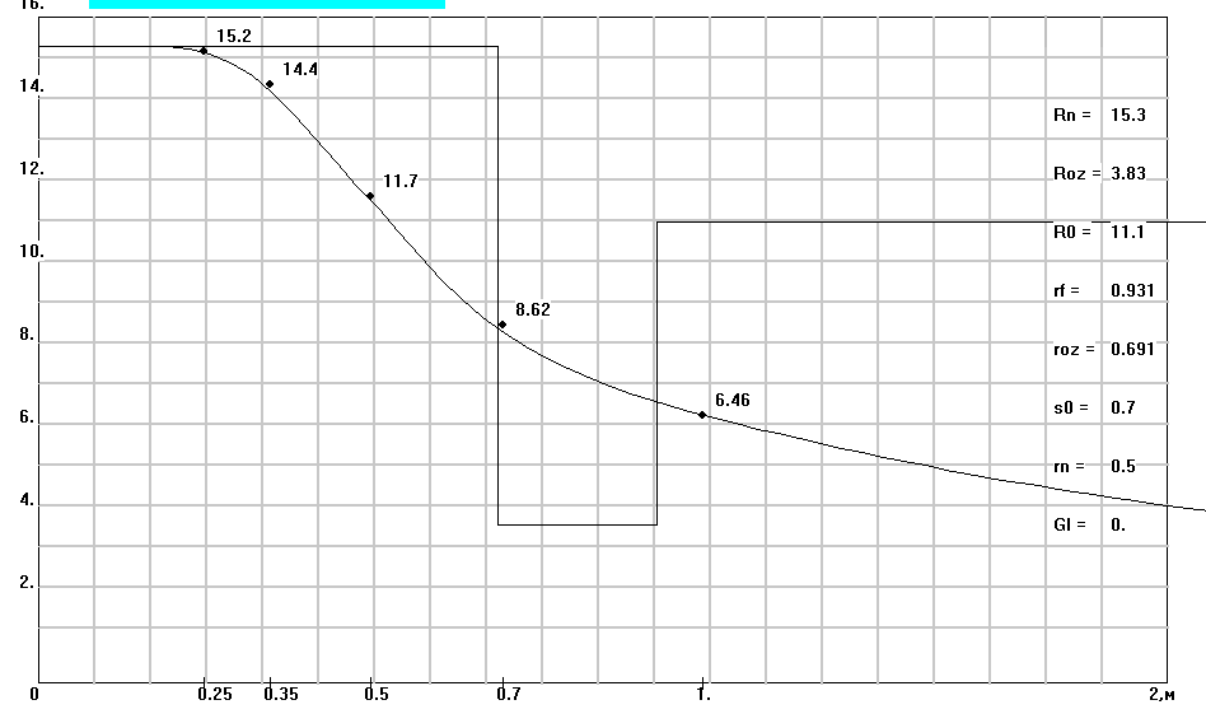
Скв № 0 Глубина 0.



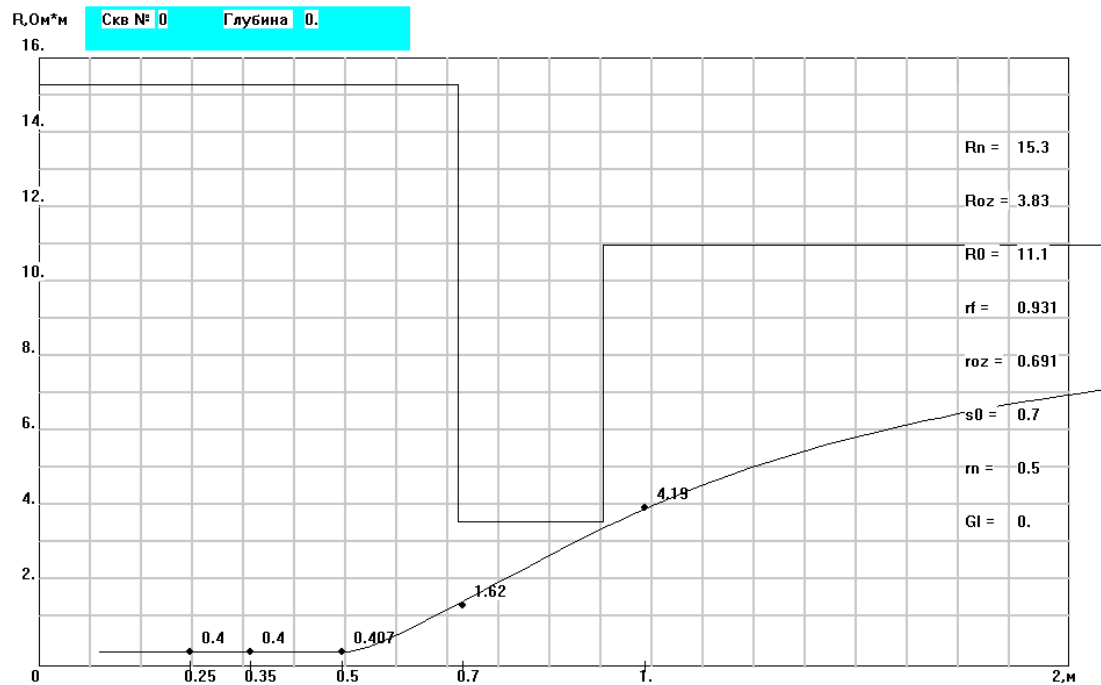
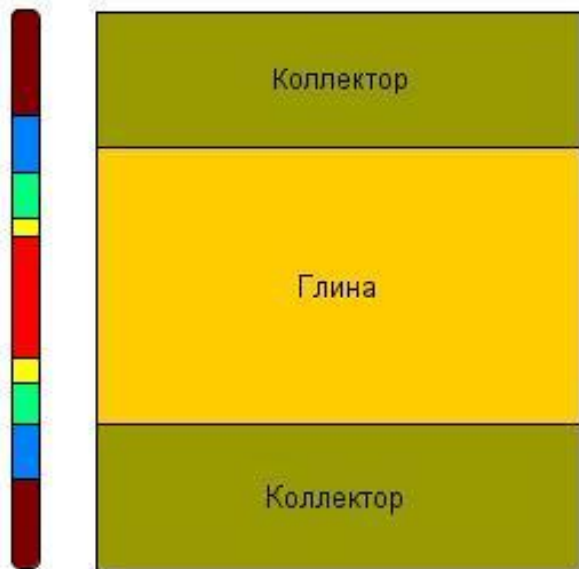
Зондирование малоощных пластов

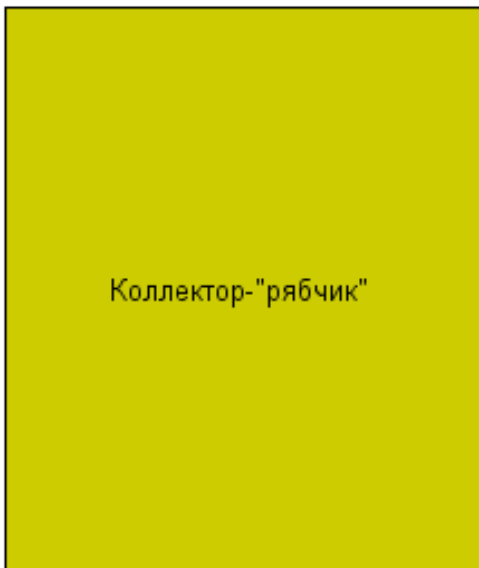


Скв № 0 Глубина 0.



Попадание в пропласток глины





Коллектор-"рябчик"

Скв № 0 Глубина 0.

