



ПАО «Газпром»

Российский государственный университет
нефти и газа имени И. М. Губкина
(Национальный исследовательский
университет)



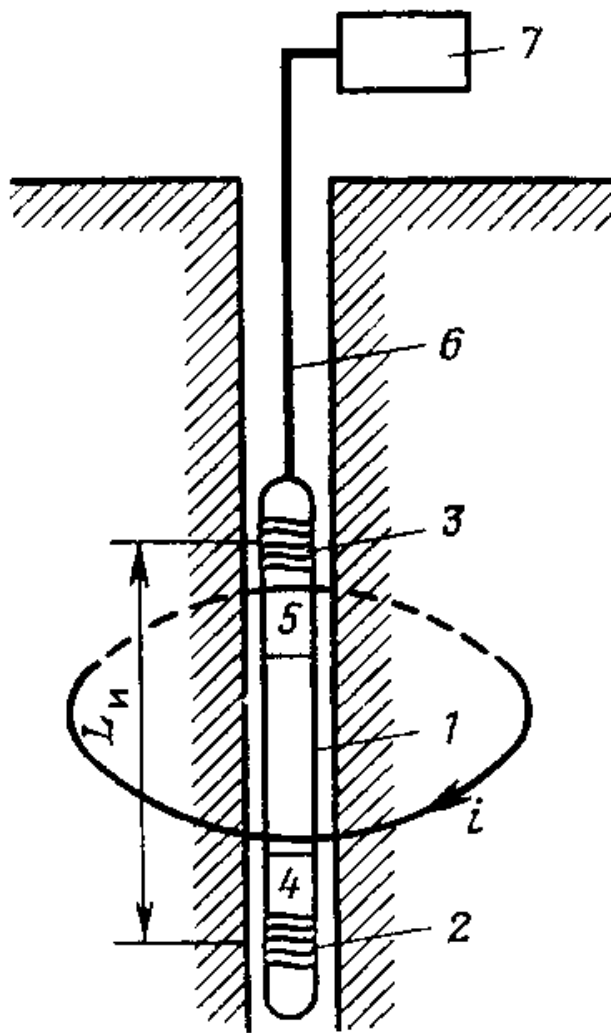
Презентационные материалы онлайн-курса «Основные технологические процессы Upstream-сектора нефтегазового комплекса»

**Индукционные методы.
Физические основы.
Определение границ пластов и
удельного сопротивления пород.
Область применения и решаемые
задачи**

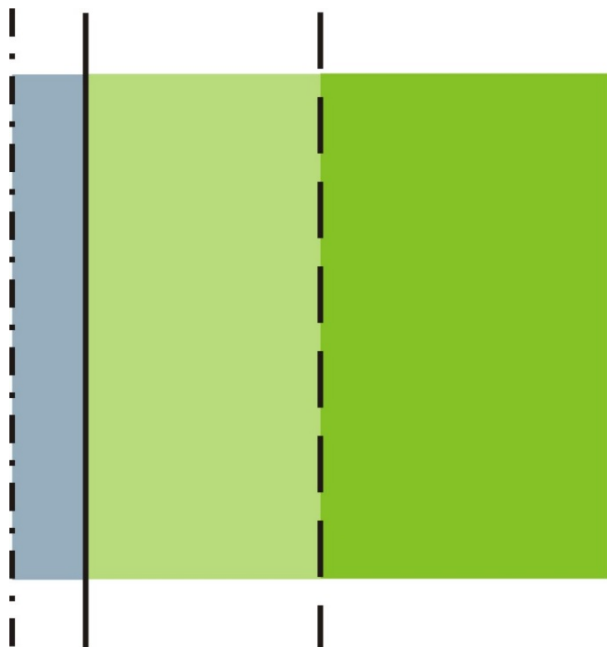
$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

где σ – удельная электропроводность, Сим/м; ρ – удельное электрическое сопротивление, Ом·м.

Принципиальная схема индукционного зонда



- 1 – скважинный зонд;
- 2 – излучающая катушка;
- 3 – приемная катушка;
- 4 – генератор;
- 5 – усилитель и выпрямитель;
- 6 – кабель;
- 7 – регистрирующий прибор

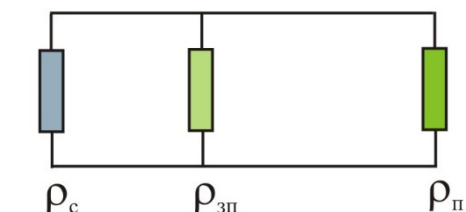





$$E = K_{\text{и}} \cdot \sigma$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент индукционного зонда, зависящий от числа витков и диаметра генераторной и приемной катушек зонда, силы и частоты тока; σ – удельная электропроводность среды, Сим/м.

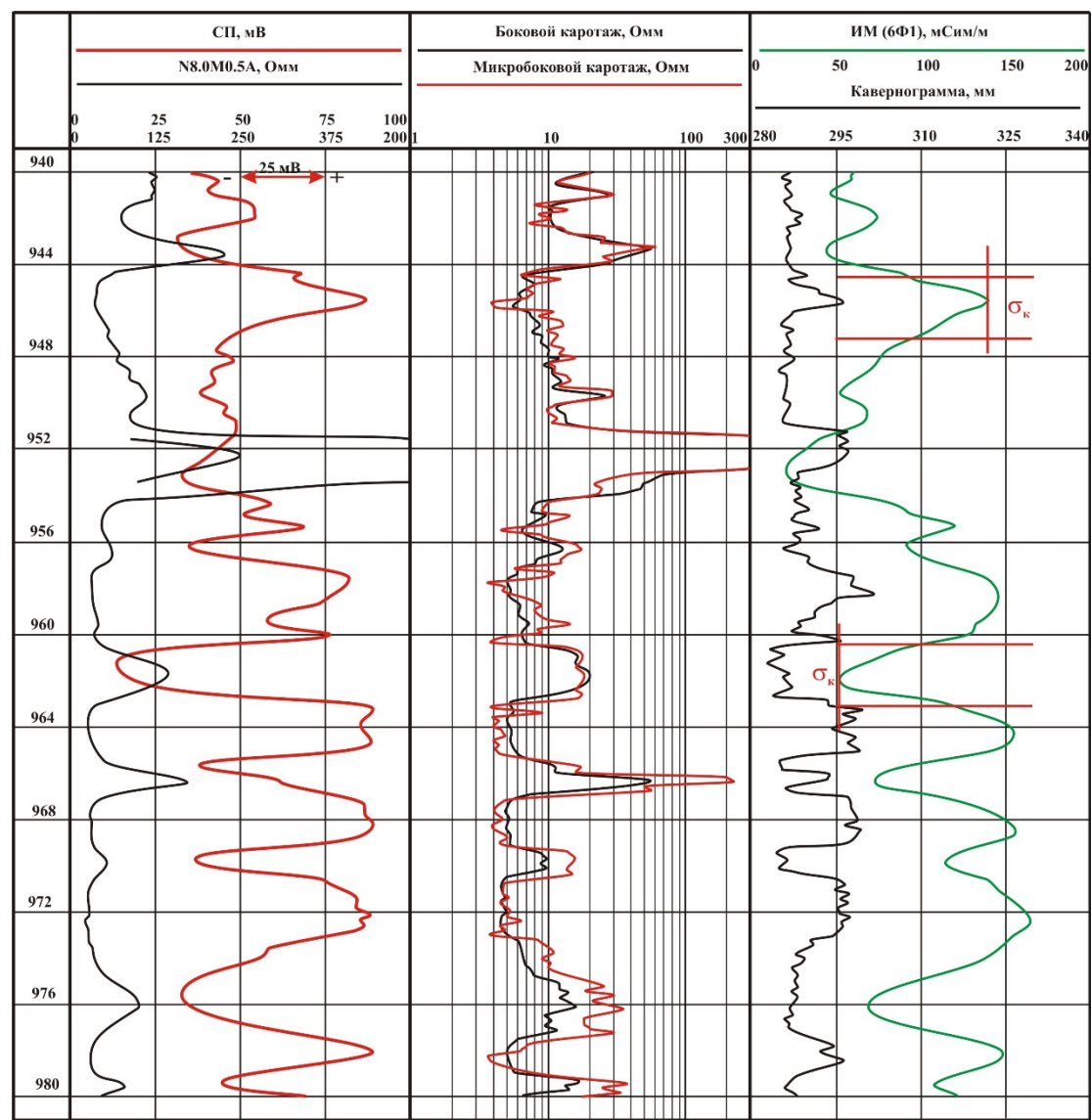
$$\sigma_{\text{к}} = \frac{E'}{K_{\text{и}}} = \sigma_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} + \sigma_{\text{зп}} \cdot V_{\text{зп}} + \sigma_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}} + \sigma_{\text{вм}} \cdot V_{\text{вм}}$$

где $\sigma_{\text{к}}$ – кажущаяся электропроводность среды, мСим/м; $\sigma_{\text{р}}$, $\sigma_{\text{зп}}$, $\sigma_{\text{п}}$, $\sigma_{\text{вм}}$ – удельные электропроводности бурового раствора, зоны проникновения, пласта и вмещающих пород соответственно, мСим/м; $V_{\text{р}}$, $V_{\text{зп}}$, $V_{\text{п}}$, $V_{\text{вм}}$ – геометрические факторы скважины, зоны проникновения, пласта, вмещающих пород соответственно.



-  Скважина
-  Зона поникновения
-  Незатронутая часть пласта

Выделение объекта исследования и снятие значений удельной электропроводности



$$\sigma_K \rightarrow \sigma_K^{\text{НС}} \rightarrow \rho_K \rightarrow \rho_K^{\text{ИСП}} = \rho_{\text{П}}$$

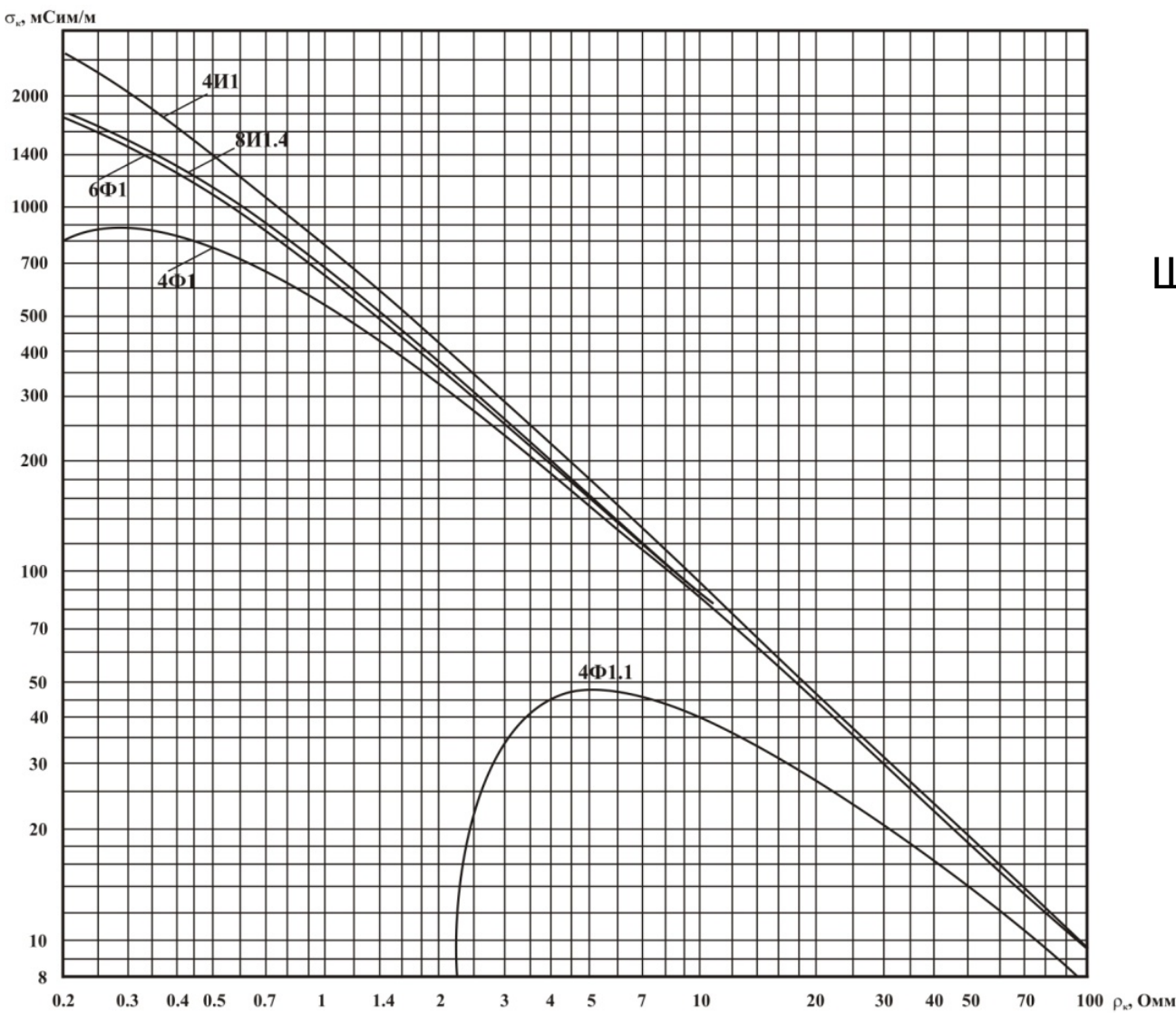
где σ_K – показания индукционного метода против интерпретируемого пласта, мСим/м; $\sigma_K^{\text{НС}}$ – показания индукционного метода, приведенные к условиям непроводящей скважины, мСим/м; ρ_K – кажущееся сопротивление пласта, полученное с учетом скин-эффекта и типа применяемого зонда, по величине $\sigma_K^{\text{НС}}$, Омм; $\rho_K^{\text{ИСП}}$ – показания индукционного метода, приведенные к условиям пласта бесконечной толщины, Омм.

Или

$$\sigma_K \rightarrow \rho_K \rightarrow \rho_K^{\text{НС}} \rightarrow \rho_K^{\text{ИСП}} = \rho_{\text{П}}$$

где σ_K – показания индукционного метода против интерпретируемого пласта, мСим/м; ρ_K – кажущееся сопротивление пласта, полученное с учетом скин-эффекта и типа применяемого зонда, по величине σ_K , Омм; $\rho_K^{\text{НС}}$ – показания индукционного метода, приведенные к условиям непроводящей скважины, Омм; $\rho_K^{\text{ИСП}}$ – показания индукционного метода, приведенные к условиям пласта бесконечной толщины, Омм.

Зависимость $\rho_k = f(\sigma_k)$ для учета скин-эффекта



Шифр кривых – тип зонда

Обычный низкочастотный индукционный метод позволяет детально изучить разрезы, сложенные породами низкого удельного сопротивления, выделить нефтегазонасыщенные и водоносные породы, изучить строение переходной водонефтяной зоны и определить положение контактов нефть – вода и газ – вода.

Преимущество индукционных зондов перед всеми другими зондами, в том, что для создания вторичного электромагнитного поля в горных породах не требуется непосредственного (гальванического) контакта зонда с окружающей средой. Возможность регистрации диаграмм этих зондов в сухих скважинах, в скважинах, заполненных нефтью и пробуренных на непроводящих растворах, например на растворах с нефтяной основой, а также в скважинах обсаженных стеклопластиковой колонной.

К недостаткам индукционного метода следует отнести отсутствие фиксированного нулевого значения ρ_k на шкале удельных сопротивлений, низкую информативность метода при изучении высокоомных разрезов, а также скважин, пробуренных большим диаметром на высокоминерализованных растворах. Несмотря на это, в широком диапазоне условий возможно одновременное применение методов экранированных и индукционных зондов.