



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»

**Методы кажущегося
сопротивления. Классификация
нефокусированных зондов
кажущегося сопротивления.
Боковое электрическое
зондирование.
Микрозондирование. Область
применения**

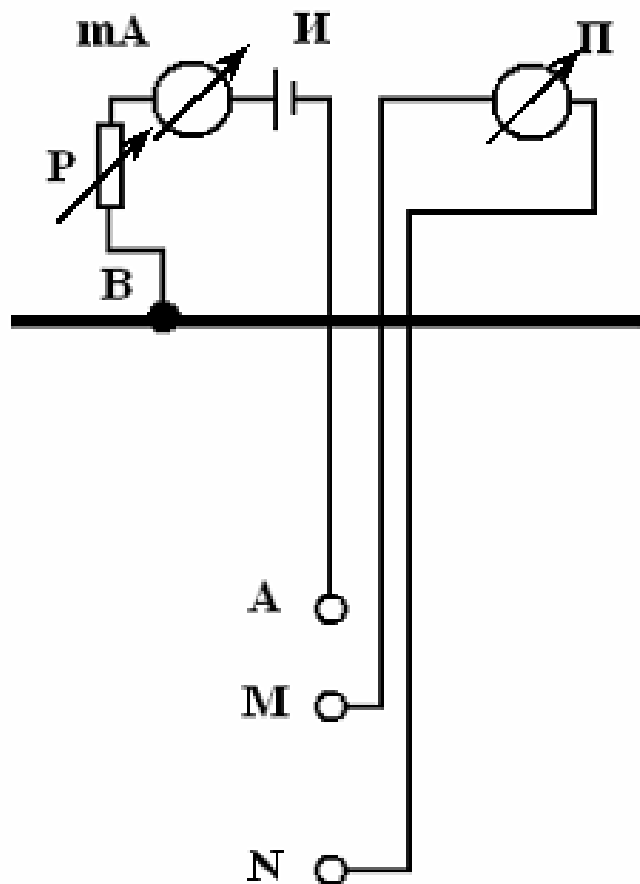
- Метод обычных зондов КС.
- Боковое электрическое зондирование БЭЗ;
- Нефокусированные микрозонды МКЗ.

Связь удельного электрического сопротивления среды и напряженностью электрического поля

$$\mathbf{j}_{\text{пр}} = \sigma \cdot \mathbf{E} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial U}{\partial r}$$

где $\mathbf{j}_{\text{пр}}$ – плотность тока проводимости; σ – удельная электропроводность, Сим/м; \mathbf{E} – напряженность электрического поля; ρ – удельное электрическое сопротивление, Ом; U – потенциал электрического поля, В; r – расстояние от источника тока до точки, в которой определяется потенциал или напряженность электрического поля.

Принципиальная схема измерения кажущегося сопротивления горных пород



И – источник постоянного электрического тока;
Р – реостат;
П – прибор для измерения разности потенциалов;
mA – миллиамперметр

Классификация нефокусированных зондов кажущегося сопротивления

Последовательные зонды			
Потенциал-зонды		Градиент-зонды	
Одноплюсные	Двуполюсные	Одноплюсные	Двуполюсные
Одноплюсные	Двуполюсные	Одноплюсные	Двуполюсные
Потенциал-зонды		Градиент-зонды	
Обращенные зонды			

Размер градиент-зонда – это расстояние между непарным электродом и серединой между парными.

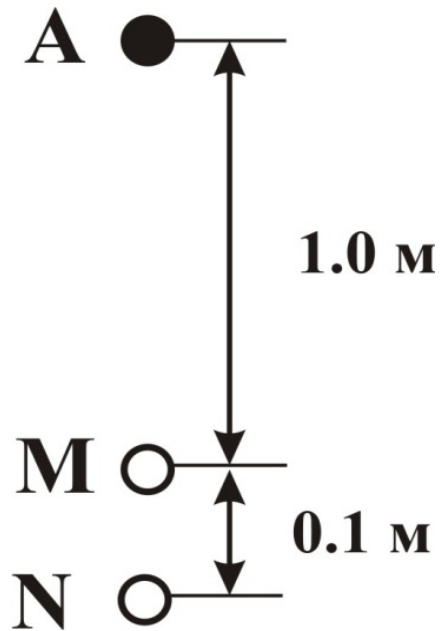
$$L_{\text{ГЗ}} = AM + \frac{MN}{2} \quad \text{– для однополюсного зонда}$$

$$L_{\text{ГЗ}} = MA + \frac{AB}{2} \quad \text{– для двухполюсного зонда}$$

Размер потенциал-зонда – это расстояние между сближенными электродами.

$$L_{\text{ПЗ}} = AM$$

Радиус исследования градиент-зонда примерно соответствует размеру зонда, потенциал-зонда – двум его размерам.



Тип зонда А1.0М0.1N

- градиент-зонд (расстояние между парными электродами меньше, чем между непарными $MN < AM$);
- последовательный (парные электроды M и N находятся ниже непарного A);
- однополюсный (в скважину спущен только один токовый электрод A).

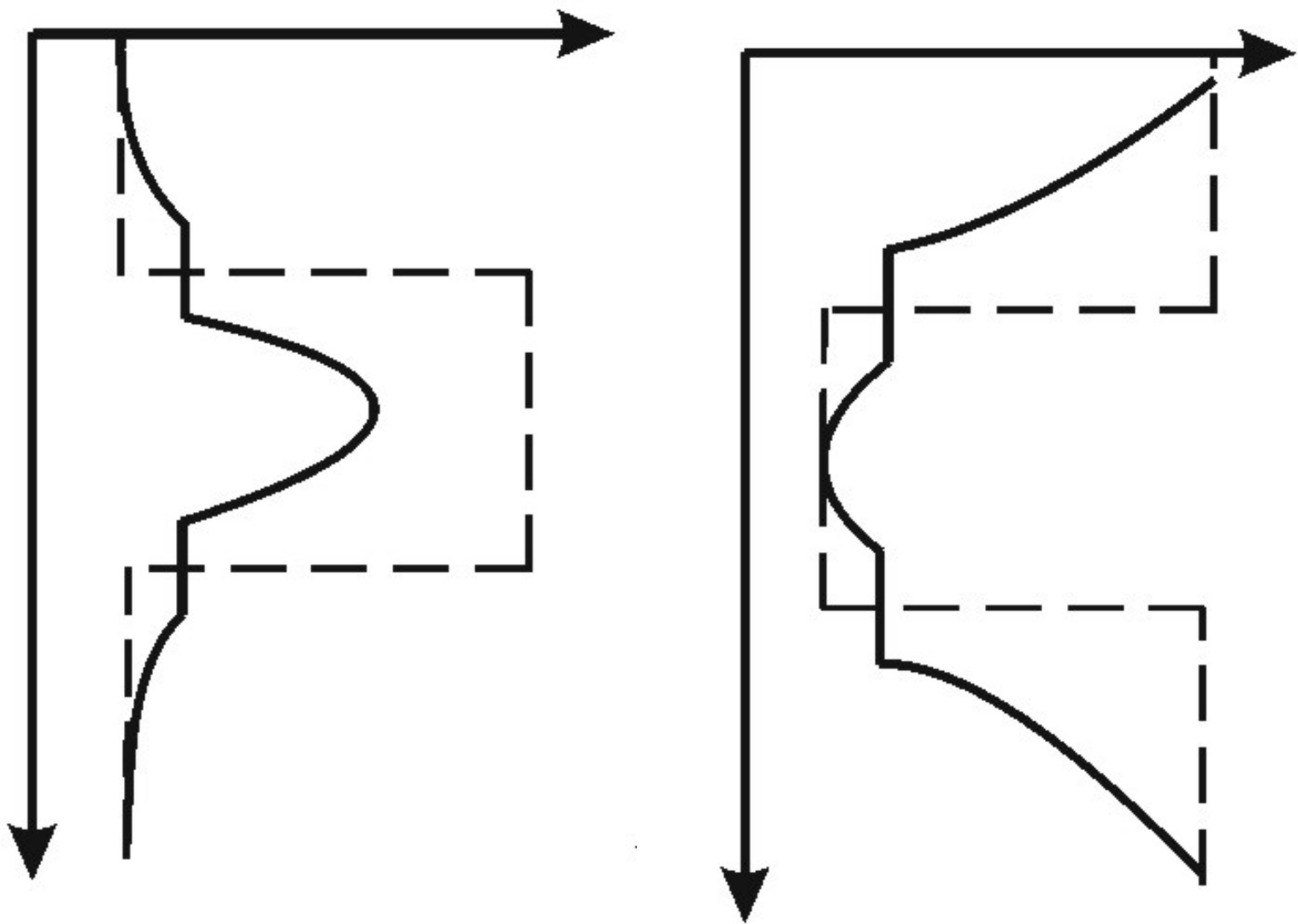
Размер зонда

$$L_{\text{ГЗ}} = AM + \frac{MN}{2} = 1.0 + \frac{0.1}{2} = 1.05\text{м}$$

Радиус исследования

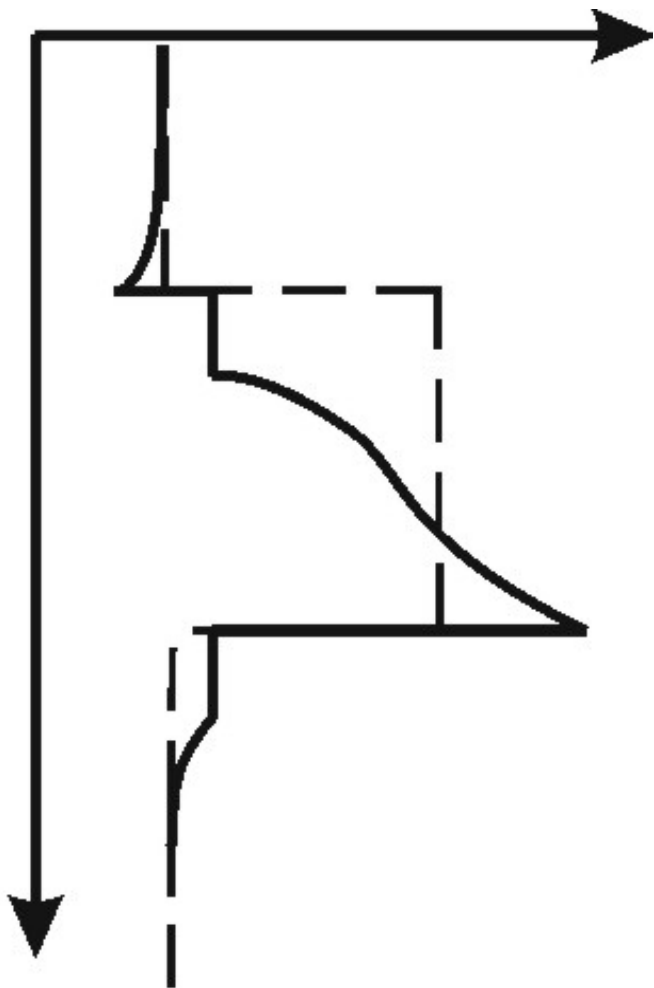
$$R_{\text{исл}} = L_{\text{ГЗ}} = 1.05\text{м}$$

Потенциал-зонд. Кривые кажущегося сопротивления против одиночного пласта большой толщины

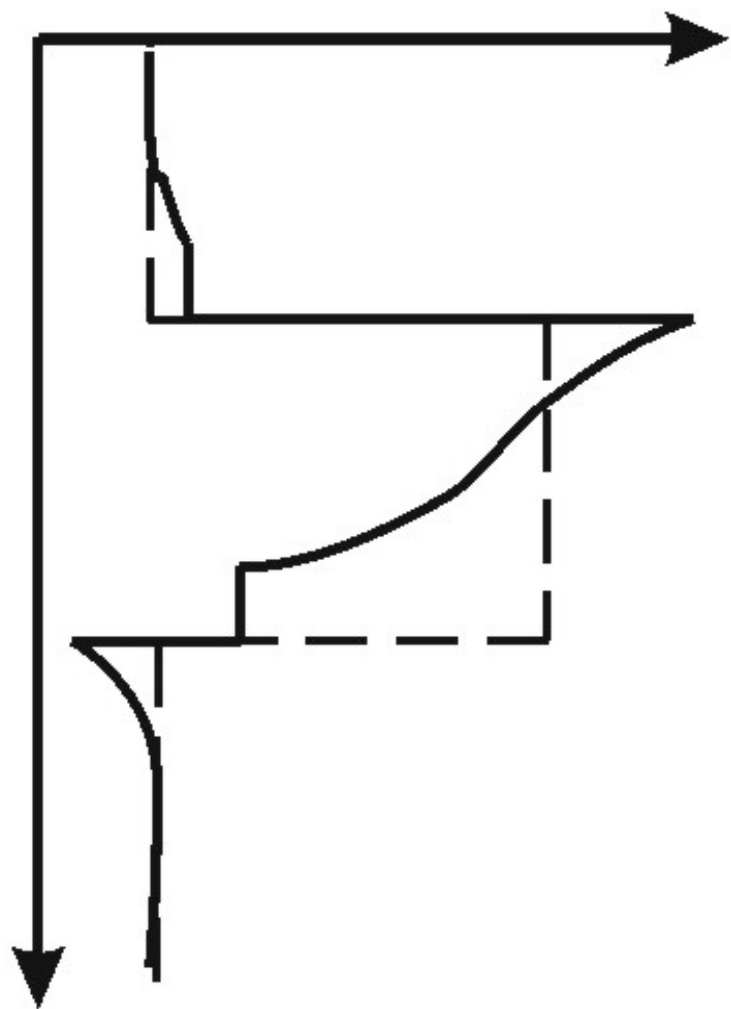


Градиент-зонд. Кривые кажущегося сопротивления против одиночного пласта большой толщины

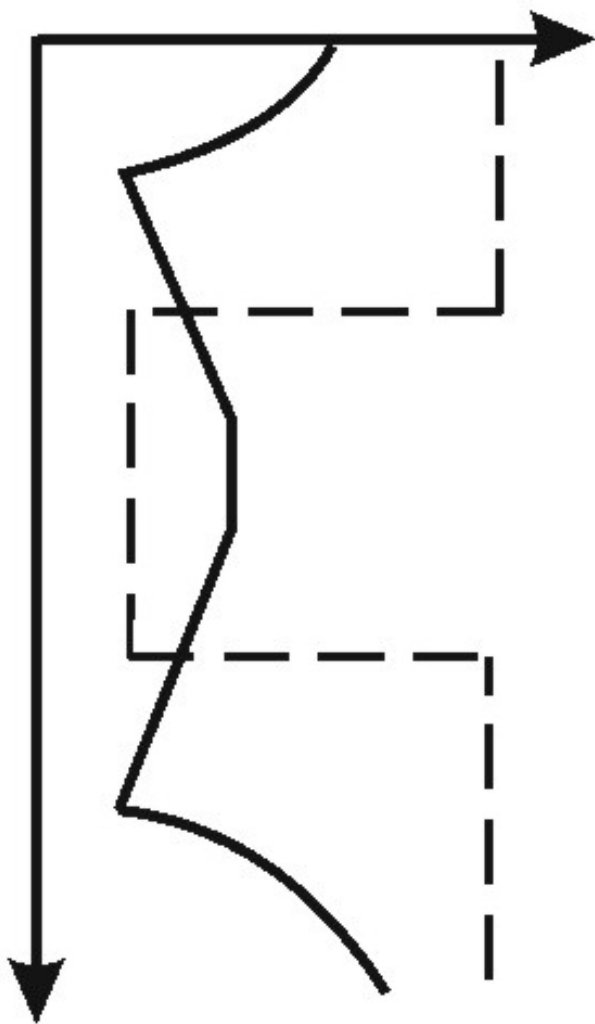
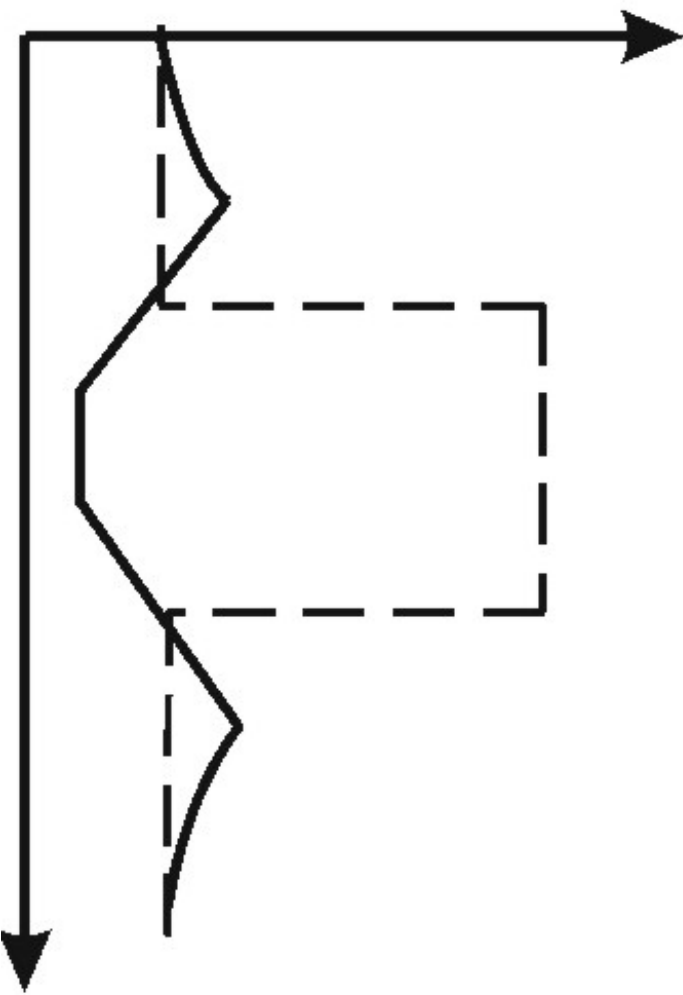
Последовательный зонд



Обращенный зонд

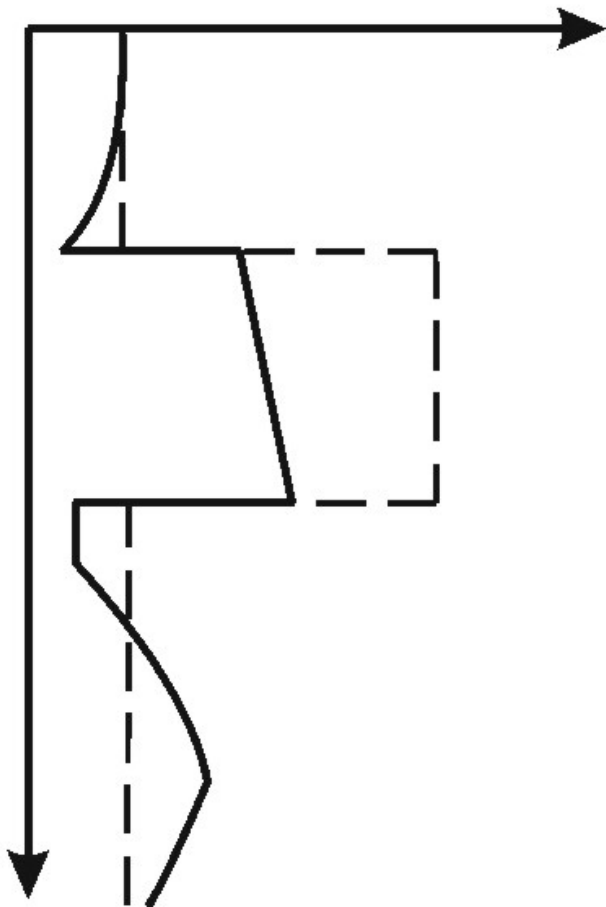


Потенциал-зонд. Кривые кажущегося сопротивления против одиночного пласта малой толщины

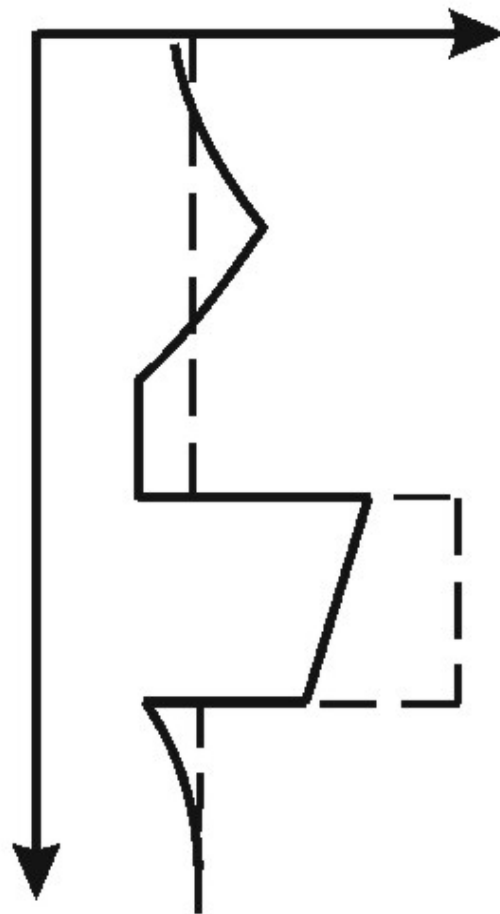


Градиент-зонд. Кривые кажущегося сопротивления против одиночного пласта малой толщины

Последовательный зонд



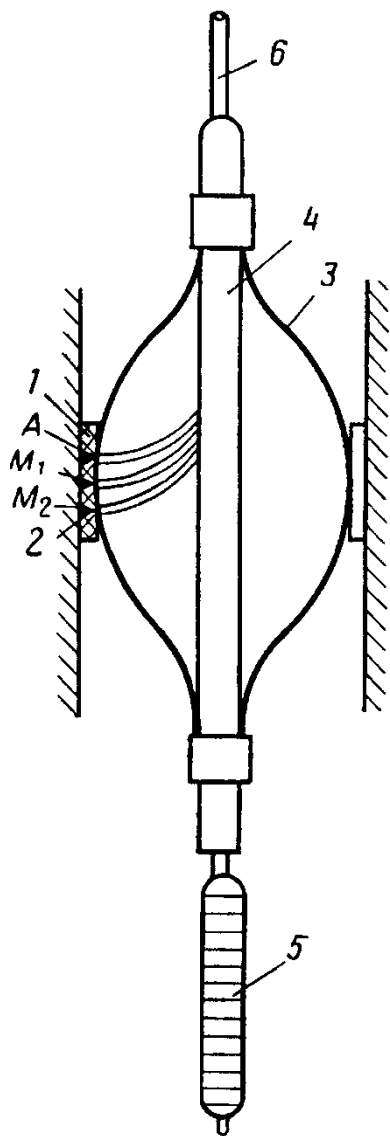
Обращенный зонд



Нефокусированные зонды КС применяют в качестве стандартных при исследовании разрезов месторождений полезных ископаемых и термальных вод.

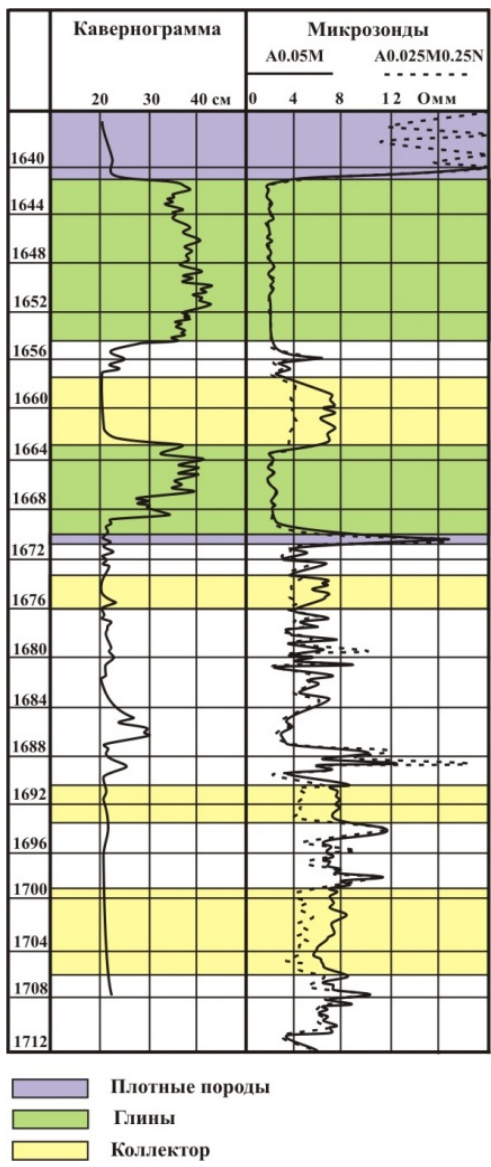
По кривой зонда КС возможно выделение пластов различного удельного электрического сопротивления, совместно с другими методами ГИС выделение коллекторов и оценка характера насыщения.

Схематический вид микрозонда



- 1 – изоляционная пластина;
- 2 – электрод;
- 3 – пружина;
- 4 – корпус микрозонда;
- 5 – груз;
- 6 – кабель;
- A, M_1 , M_2 – электроды зонда

Литологическое расчленение терригенного разреза по комплексу микрозондов и кавернометрии



1. Детальное расчленение разрезов скважин совместно с другими методами ГИС.
2. Выделение межзеровых коллекторов по наличию положительного приращения.
3. Выделение покрышек залежей – плотных высокоомных пластов, отмечаемых высокими, практически одинаковыми значениями ρ_k и низкоомных при наличии каверн, отмечаемых наиболее низкими и одинаковыми величинами ρ_k .
4. Определение удельного сопротивления $\rho_{ппз}$ для последующего использования этой величины при оценке коэффициентов пористости K_n и остаточной нефтегазонасыщенности, с использованием зависимостей $P_n = f(K_n)$, $P_n = f(K_v)$ (разделы 31.3.1 и 33.2).
5. Приближенная оценка ρ_p в интервалах разреза, характеризующихся большим увеличением диаметра скважины $d_c > 20 - 30$ см.