

# Физика горных пород

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



#### Тема лекции:

### Боковое каротажное зондирование

#### План лекции

- 1. Определение истинного сопротивления пласта
- 2. Стандартный каротаж
- 3. Методика проведения БКЗ
- 4. Методика интерпретация результатов БКЗ

# Определение истинного сопротивления пласта

По единичному измерению можно определить истинное УЭС пласта ( $\rho_n$ ), если измерения производились градиент—зондом и при условии L>>d (мощный пласт).

Во всех остальных случаях применяются специальные палетки, либо специальные методики расчёта. В общем случае определение  $\rho_{\pi}$  затруднительно. С.Г.Камаровым были рассчитаны две палетки (для градиент и потенциал-зонда) - палетки поправочных множителей. В значения КС вводятся поправки за диаметр скважины, удельное сопротивление бурового раствора и длину зонда.

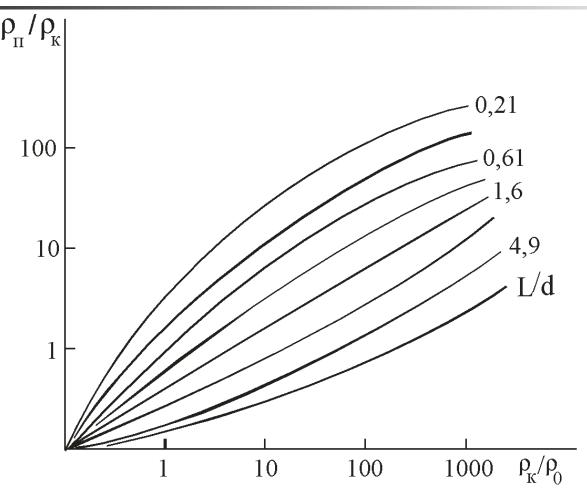
# Определение истинного сопротивления пласта

Но есть ограничения в применении этих палеток. Их можно использовать при изучении непроницаемых пластов, т. е. при отсутствии зоны проникновения бурового раствора в пласт.

Пользование палеткой: против центра пласта снимается значение  $\rho_{\kappa}$ , находится отношение  $\rho_{\kappa}/\rho_{0}$  и это отношение откладывается на горизонтальной оси, рассчитывается отношение L/d и восстанавливается перпендикуляр к соответствующей по шифру кривой. Из точки пересечения проводится перпендикуляр к вертикали, снимается значение  $\rho_{\pi}/\rho_{\kappa}$ , умножается на  $\rho_{\kappa}$  и получают  $\rho_{\pi}$ .



# Палетка поправочных множителей Комарова



### Стандартный каротаж

При стандартном каротаже измеряют КС и потенциалы самопроизвольной поляризации (ПС). Для получения сопоставимых результатов во всех скважинах района исследований каротаж проводят одними и теми же стандартными зондами.

Стандартный каротаж обычно проводится одним или двумя зондами (потенциал-зонд  $L\approx0.5$  м и градиент-зонд  $L\approx2-4$  м).

Оптимальные расстояния между измерительными электродами при выборе:

- •градиент зонда MN = (1/4 1/10) L;
- •потенциал-зонда MN ≥ 8 L.

### Стандартный каротаж

- Зонды стандартного каротажа должны удовлетворять следующим условиям:
- •производить литологическое расчленение разреза, для этого значения  $\rho_{\kappa}$  должны быть близки к истинным  $\rho_{\pi}$ . Эту задачу решают большие зонды;
- •выделять в разрезе все пласты, в том числе тонкие пропластки. Эту задачу решают малые зонды.
  - Однако для оценки истинного сопротивления в сложных реальных условиях часто данные стандартного каротажа оказываются недостаточными. Более точное определение  $\rho_n$  достигается с помощью бокового каротажного зондирования.

#### Методика проведения БКЗ

Боковое каротажное зондирование применяется для определения истинного удельного сопротивления  $\rho_n$  пласта в любых условиях — при наличии и при отсутствии 3П фильтрата бурового раствора в пласт. Проводится в интервалах залегания продуктивных пластов.

Используется комплект зондов метода КС различной длины (5 — 7 зондов). Длина наименьшего зонда выбирается равной диаметру скважины, длина наибольшего  $\approx 30$  dc, каждый последующий зонд больше предыдущего в 2 — 2,5 раза.

#### Методика проведения БКЗ

Чаще применяются градиент—зонды, так как они более чувствительны при определении границ пласта. Один из зондов в комплекте должен быть стандартным для данного района. Кроме того, при проведении БКЗ измеряется  $\rho_{o}$  (резистивиметрия), диаметр скважины. Пример комплекта зондов БКЗ:

A0,4M0,1N; L=

A1,0M0,1N; L=

A2,0M0,5N; L=

A4,0M0,5N; L=

A8,0M4,0N; L=

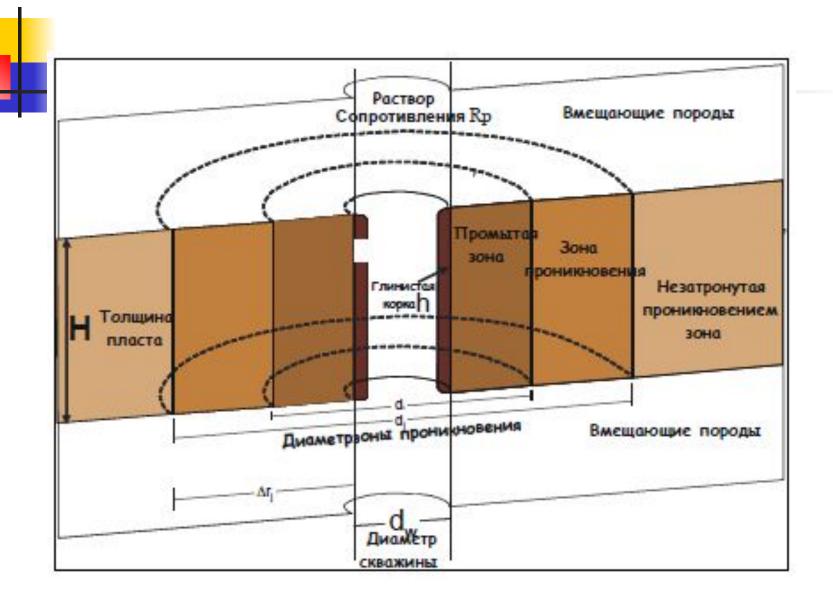
N0,5M1,0A; L=

#### Методика проведения БКЗ

Против каждого пласта записывается столько кривых, сколько входит зондов в комплект БКЗ.

Радиус исследования зонда определяется его длиной. Чем больше зонд, тем больше радиус исследования.

При очень малом размере (длине) зонда L, по отношению к диаметру скважины, измеренное  $p_{\kappa}$  близко по значению к удельному сопротивлению бурового раствора  $p_{o}$ . С увеличением L возрастает радиус проникновения тока и усиливается влияние удельного сопротивления горных пород, при L > D наблюдается приближение  $p_{\kappa}$  к  $p_{n}$ .



Методика обработки результатов БКЗ проводится в три этапа:

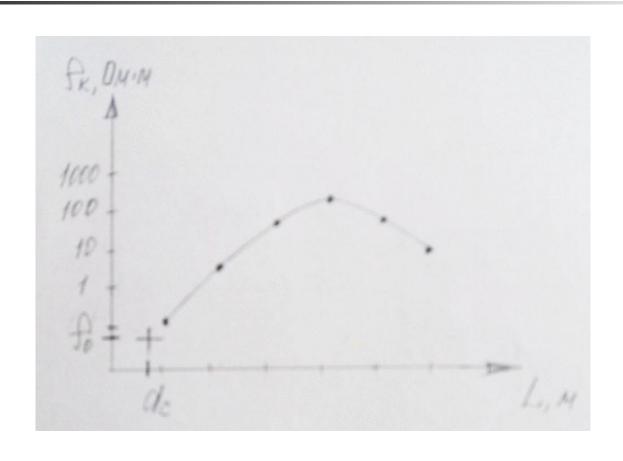
- •выделение пласта;
- построение фактической кривой БКЗ;
- •сопоставление фактической кривой с теоретическими.

Выделение пласта производится по совокупности всех кривых БКЗ, а также по результатам каротажа других методов (т.е. по комплексу ГИС).

Фактическая кривая — это зависимость  $\rho_{\kappa}$  от длины зонда. Кривые строятся в двойном логарифмическом масштабе. Против изучаемого пласта снимаются значения  $\rho_{\kappa \, \mu}$  наносятся на билогарифмический бланк. Наносятся значения  $\rho_0$  и  $d_0$  , пересечение которых называют «крест палетки».

В БКЗ мощным считается пласт > 16 м, средней мощности 5 - 16 м, тонким — менее 5 м.

# Построение фактической кривой БКЗ

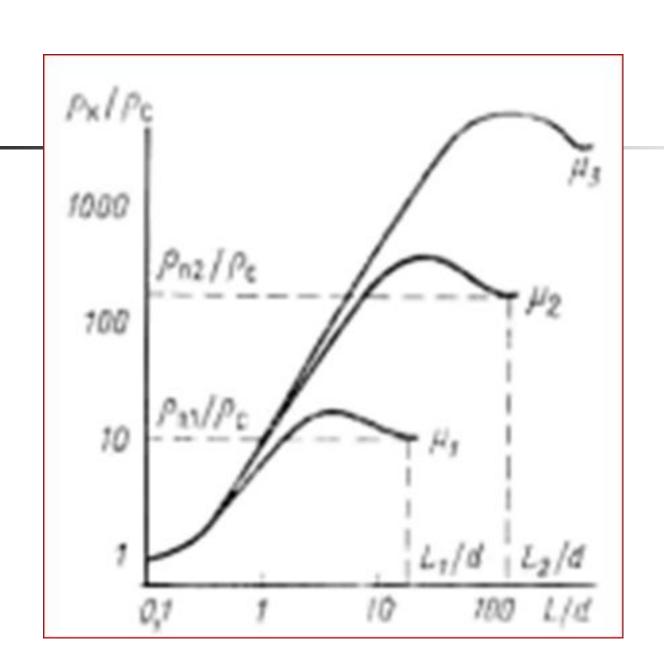


Фактическую кривую совмещают с теоретическими. Они построены на основании теоретических расчетов и собраны в виде альбома палеток БКЗ.

Чтобы выбрать соответствующую палетку необходимо выбрать тип кривой зондирования. Палетки БКЗ представляют собой серии кривых  $\rho_{\kappa}/\rho_{p}=f\left(L/d_{c}\right)$  с различными соотношениями  $\rho_{r}/\rho_{p}$  при фиксированных значениях  $\rho_{sr}/\rho_{p}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{p}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{p}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}$ ,  $\rho_{sr}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/\rho_{g}/$ 

- При совмещении фактической кривой с теоретическими возможны два варианта:
- •фактическая кривая может совместиться с теоретической или закономерно пойти между двумя теоретическими. В этом случае среда является двухслойной, т. е. нет зоны проникновения. Ее параметры  $\rho_{\scriptscriptstyle D}$  и  $\rho_{\scriptscriptstyle \Pi}$ ;
- фактическая кривая сечёт теоретическую кривую, среда является трёхслойной, т. е. имеется зона проникновения фильтрата бурового раствора в пласт.

- При проникновении фильтрата ПЖ в пласт (трехслойная среда) возможны 2 случая:
- •снижение удельного сопротивления пласта понижающее проникновение, когда  $\rho_{\pi} < \rho_{3\pi}$ ;
- •повышение удельного сопротивления пласта повышающее проникновение, когда  $\rho_n > \rho_{3n}$ . Для трёхслойных палеток теоретические кривые рассчитаны с учётом диаметра и удельного сопротивления зоны проникновения. То есть параметрами трехслойных сред являются  $\rho_{n_{J}} \rho_{p} u \rho_{3n}$





#### Решаемые задачи

Таким образом, по результатам проведения БКЗ можно определить:

- •истинное сопротивление пласта;
- •сопротивление и диаметр зоны проникновения.

#### Решает задачи:

- •выделение полезных ископаемых;
- •в комплексе с другими методами определение пористости, проницаемости, нефтегазосодержание.



#### Контрольные вопросы

- 1.Почему методом КС сложно определить истинное сопротивление пород?
- 2.В каких случаях можно определить истинное сопротивление пород по результатам метода КС и как?
- 3. Какие задачи должен решать стандартный каротаж?
- 4. Чем отличается БКЗ от КС по методике измерений?
- 5. Чем эффективнее БКЗ по сравнению с КС?

## 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