



# 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 ( $\rho_{\pi}$ ), если измерения производились градиент-зондом и при условии  $L \gg d$  (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.



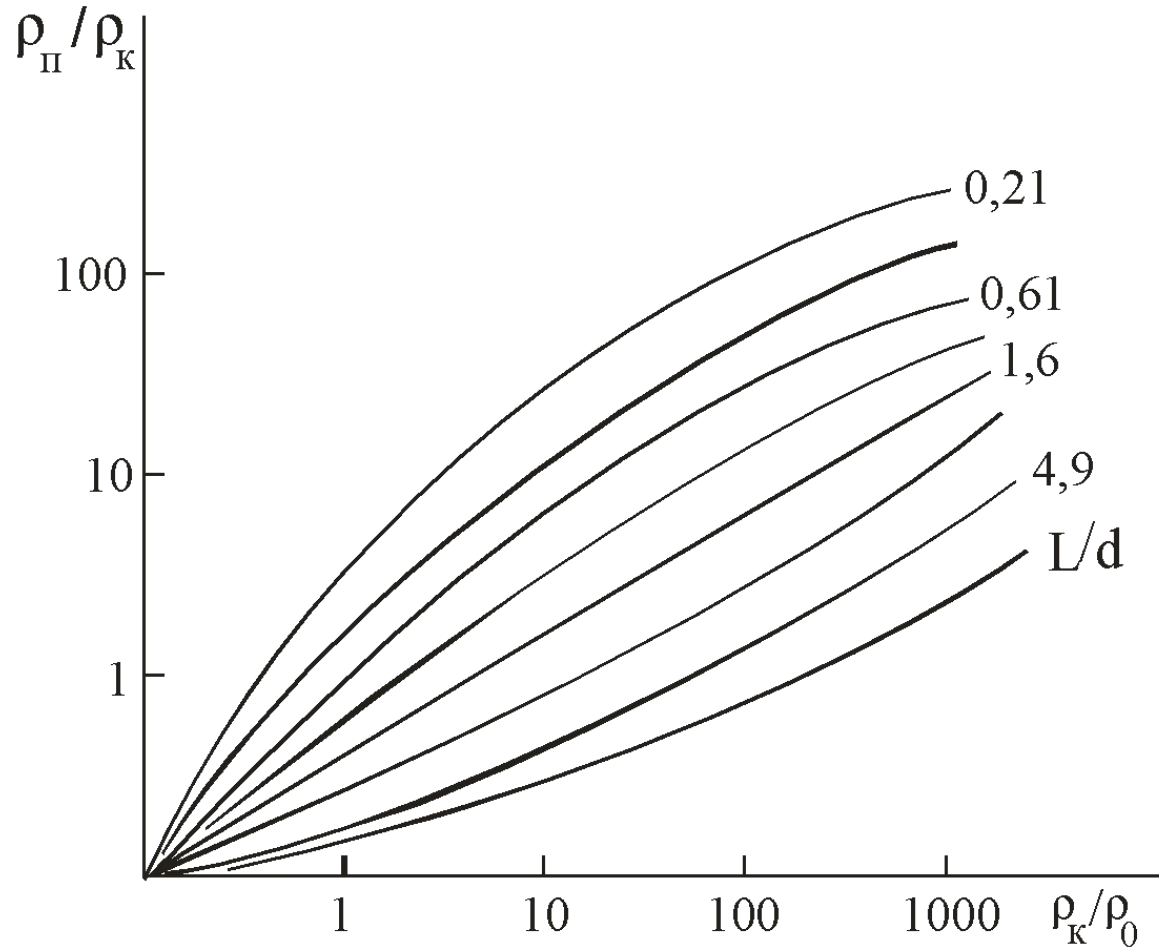
## Определение истинного сопротивления пласта

---

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  $L \approx 0,5$  м и градиент-зонд  $L \approx 2-4$  м).

Оптимальные расстояния между измерительными электродами при выборе:

- градиент зонда  $MN = (1/4 - 1/10) L$ ;
- потенциал-зонда  $MN \geq 8 L$ .



## Стандартный каротаж

---

Зонды стандартного каротажа должны удовлетворять следующим условиям:

- производить литологическое расчленение разреза, для этого значения  $\rho_k$  должны быть близки к истинным  $\rho_n$ . 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  $\rho_{\text{л}}$  пласта в любых условиях – при наличии и при отсутствии ЗП 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  $\approx 30 d_c$ , 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=



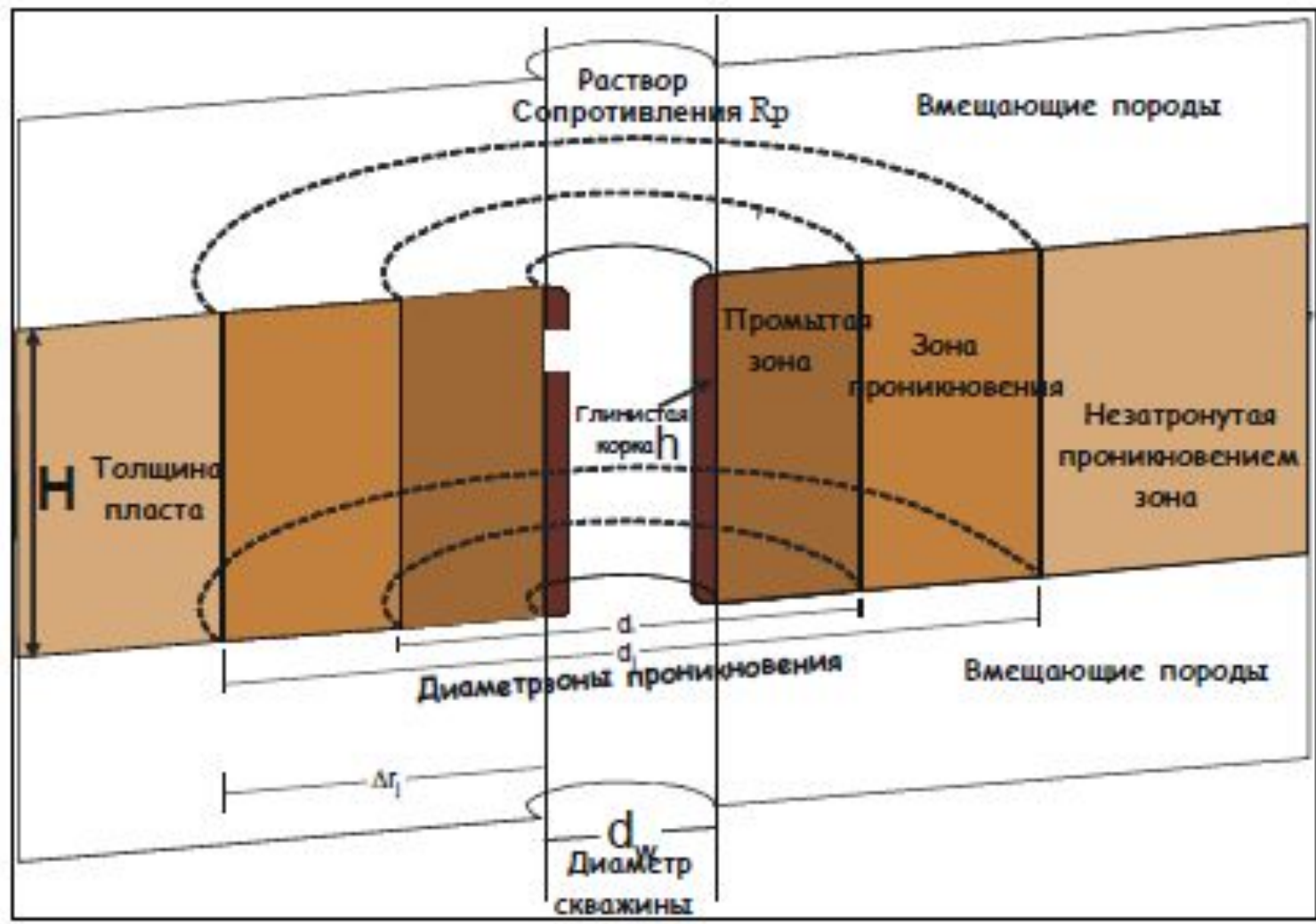
## Методика проведения БКЗ

---

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  $\rho_k$  близко по значению к удельному сопротивлению бурового раствора  $\rho_0$ . С увеличением  $L$  возрастает радиус проникновения тока и усиливается влияние удельного сопротивления горных пород, при  $L > D$  наблюдается приближение  $\rho_k$  к  $\rho_p$ .





## Методика интерпретация результатов БКЗ

---

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).



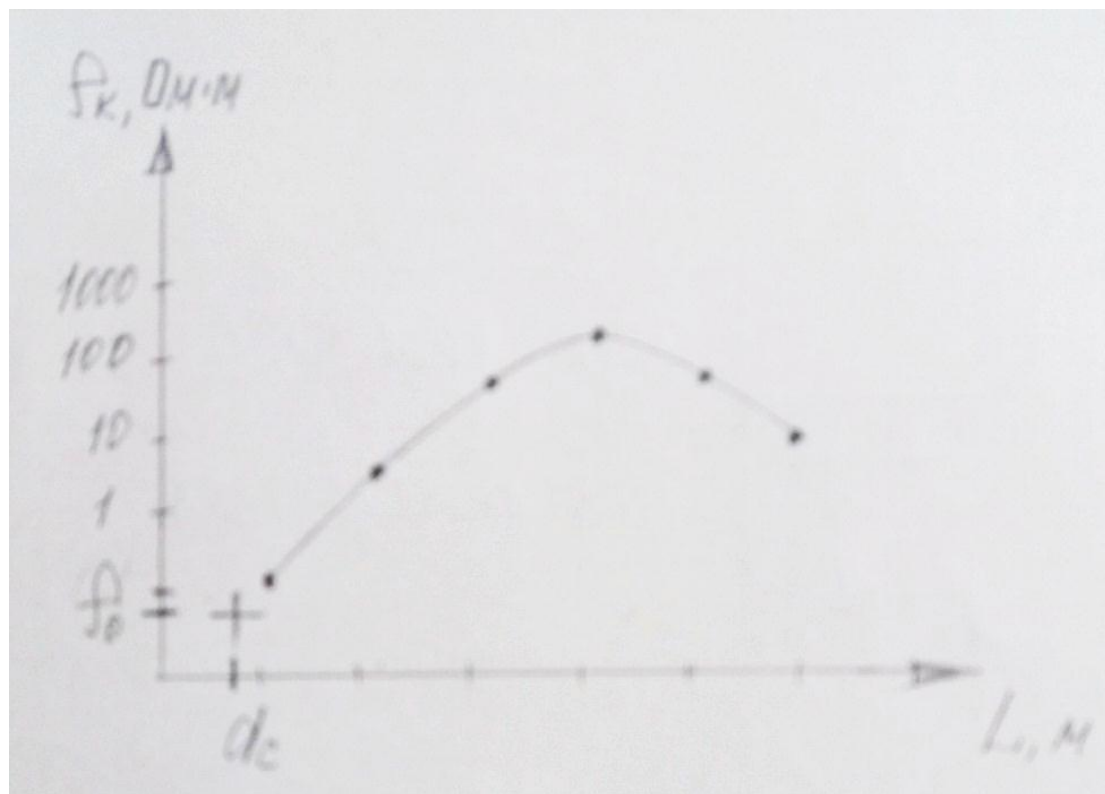
## Методика интерпретация результатов БКЗ

---

**Фактическая кривая** – это зависимость  $\rho_k$  от длины зонда. Кривые строятся в двойном логарифмическом масштабе. Против изучаемого пласта снимаются значения  $\rho_{ki}$  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





## Методика интерпретация результатов 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  $\rho_k / \rho_p = f(L/d_c)$  с различными соотношениями  $\rho_{\Gamma} / \rho_p$  при фиксированных значениях  $\rho_{зп} / \rho_p$ ,  $\rho_{вм} / \rho_p$ ,  $D_{зп} / d_c$  и  $h / d_c$ .



## Методика интерпретация результатов БКЗ

---

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  $\rho_p$  и  $\rho_{п'}$ ;
- фактическая кривая сечёт теоретическую кривую, среда является **трёхслойной**, т. е. имеется зона проникновения фильтрата бурового раствора в пласт.





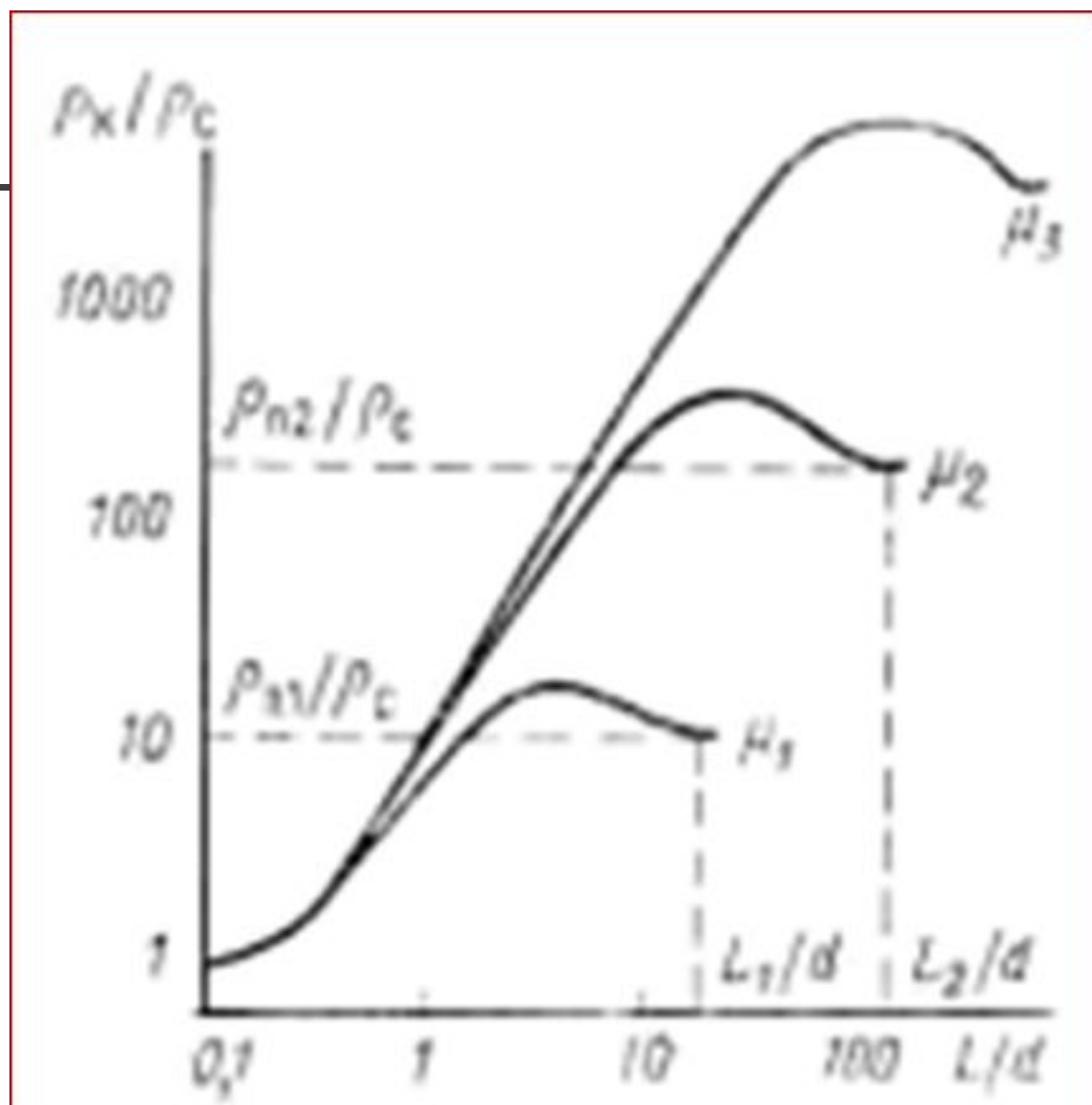
## Методика интерпретация результатов БКЗ

---

При проникновении фильтрата ПЖ в пласт (трехслойная среда) возможны 2 случая:

- снижение удельного сопротивления пласта - **понижающее проникновение**, когда  $\rho_{\text{п}} < \rho_{\text{зп}}$ ;
- повышение удельного сопротивления пласта - **повышающее проникновение**, когда  $\rho_{\text{п}} > \rho_{\text{зп}}$ .

Для трёхслойных палеток теоретические кривые рассчитаны с учётом диаметра и удельного сопротивления зоны проникновения. То есть параметрами трехслойных сред являются  $\rho_{\text{п}}$ ,  $\rho_{\text{р}}$  и  $\rho_{\text{зп}}$





## 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