

Карагандинский технический университет им. А. Сагинова

**Кафедра** «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

**Дисциплина**

«Введение в теоретические основы полевых  
геофизических методов»

**Специальность 6B07201**

«Геология и разведка месторождений полезных  
ископаемых»

**Лекция 10**

«Методы постоянного тока»

**Разработчик:**

Мадишева Р.К., PhD  
Ассоциированный профессор  
каф. ГРМПИ

**Караганда  
2025**



# Методика вертикальных электрических зондирований

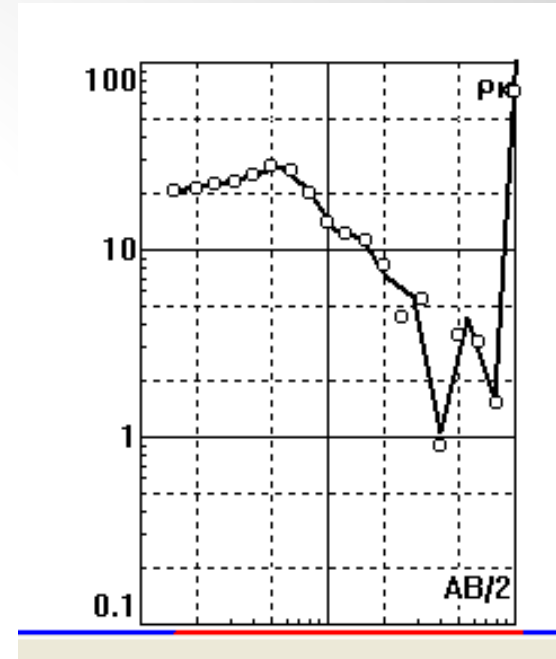
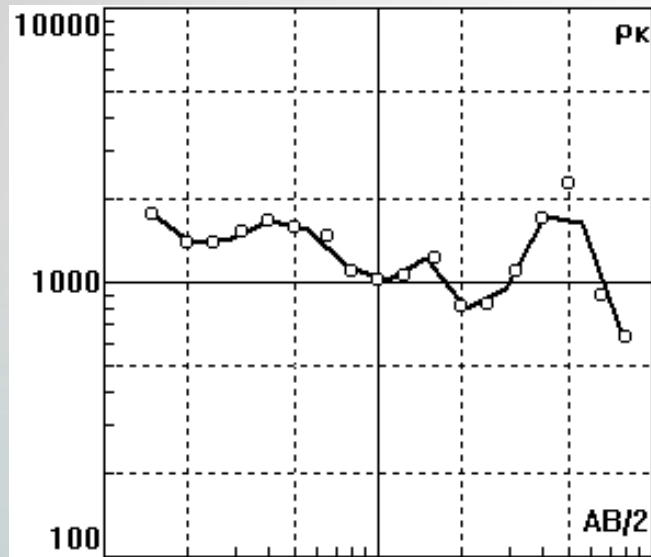


- ▶ Методика вертикальных электрических зондирований.
- ▶ Вертикальное электрическое зондирование выполняют чаще всего симметричной четырехэлектродной градиент-установкой с  $MN < AB/3$ . Работы проводят следующим образом.
- ▶ В избранной для зондирования точке (центре зондирования) устанавливают переносной электроразведочный прибор, батарею или генератор, две катушки с проводом для разноса питающих электродов ( $AB$ ), и на небольшом расстоянии (1–2 м) друг от друга заземляют два приемных электрода ( $MN$ ). Направление, по которому должны разноситься питающие и приемные линии, выбирают исходя из геологических и топографических соображений.
- ▶ Вдоль линии  $MN$  заземляют питающие электроды  $AB$  на расстоянии 1,5–3 м от центра и измеряют ток в питающей линии и разности потенциалов на приемных электродах.
- ▶ Далее рассчитывают:  $\rho_k = k \cdot \frac{\Delta U}{I}$ ,
- ▶ где  $k = 0,1\pi \cdot \frac{AM}{MN}$  — коэффициент установки (множитель 0,1 берется тогда, когда  $\Delta U$  измеряют в милливольтках, а  $I$  — в сантиамперах).

# Методика вертикальных электрических зондирований

- ▶ Далее разности питающих электродов последовательно увеличивают (в геометрической прогрессии) и для каждого разности рассчитывают  $\rho_k$ .
- ▶ Зондирования трех- и четырехэлектродными установками называются вертикальными электрическими (ВЭЗ).
- ▶ Длина  $\frac{AB}{2} = r$  в ВЭЗ может быть, например, принята 1,5; 2,2; 3; 4,5; 5; 8; 10; 15; 22; 30; 45; 60; 80; 100 м и т. д.
- ▶ При этом, когда  $\frac{AB}{2}$  изменяется от 1,5 до 10 м,  $MN = 1$  м;
- ▶ при  $AB/2$  от 15 до 100 м  $MN = 10$  м;
- ▶ при  $AB/2$  от 150 до 1000 м  $MN = 100$  м.

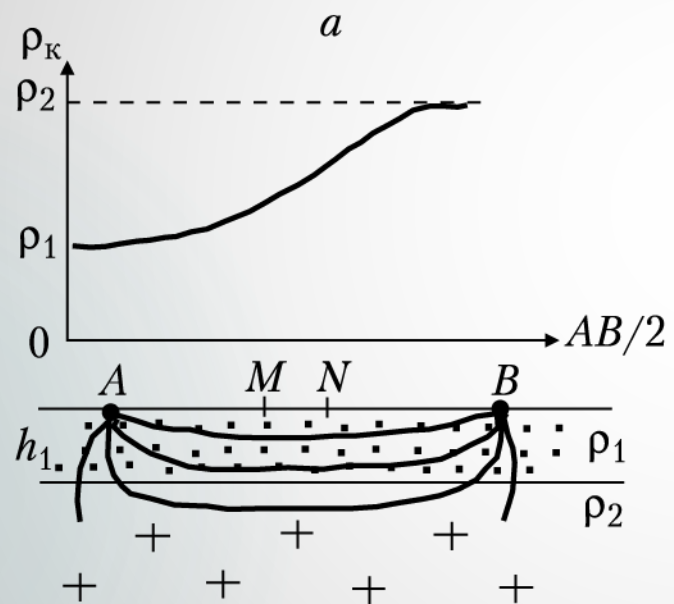
При работах строятся кривые кажущихся сопротивлений в логарифмическом масштабе(рис.1)



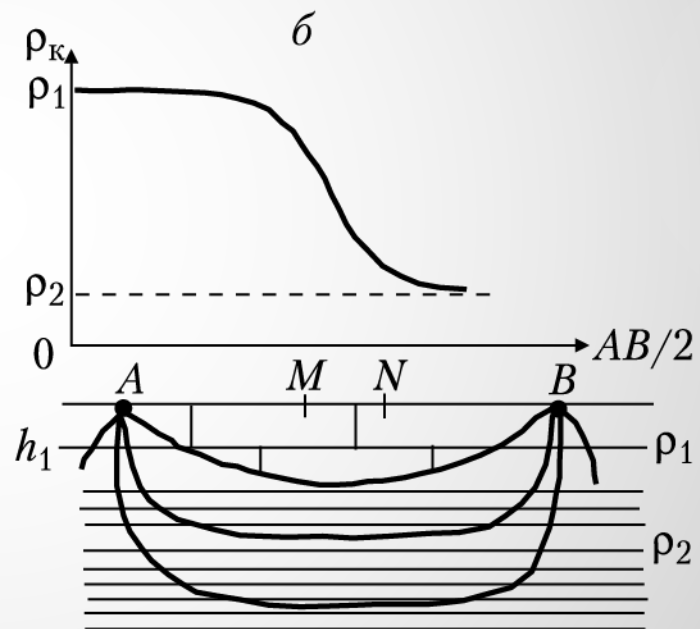
По результатам измерения  $p_k$  на дисплее компьютера или на бланке с логарифмическим масштабом по осям координат ( ВЭЗ с модулем 6,25 см) строят кривую ВЭЗ: по вертикали откладывают  $p_k$ , а по горизонтали — величину полуразноса  $r = \frac{AB}{2}$  .

# Двухслойные кривые ВЭЗ(рис.2)

$$\rho_1 < \rho_2$$

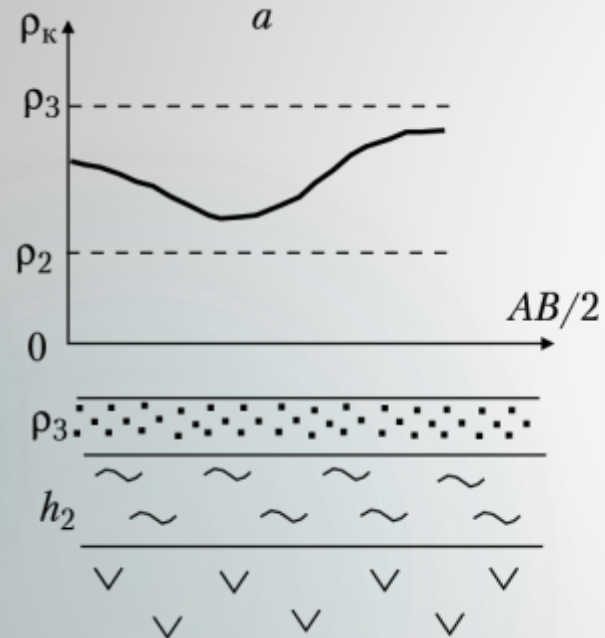


$$\rho_1 > \rho_2$$

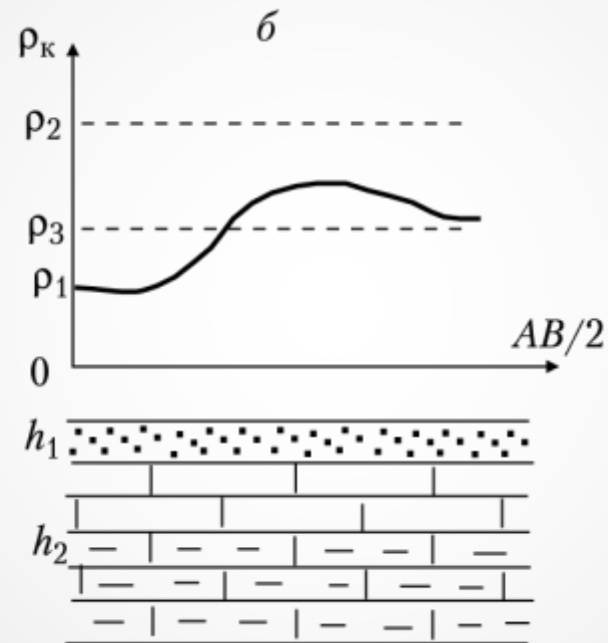


# Многослойные кривые ВЭЗ(рис.3):

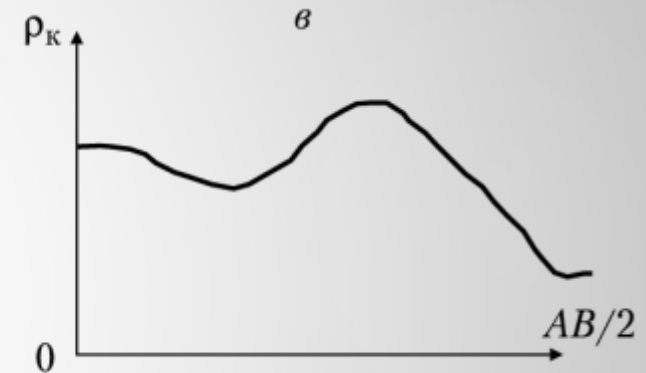
трехслойные типа Н



трехслойные типа К



трехслойные типа НКQ





- После окончания зондирования и построения кривой ВЭЗ аппаратуру и оборудование переносят на новую точку.

*Обычно точки зондирования располагают вдоль разведочных линий.*

Расстояния между соседними точками ВЭЗ изменяются от нескольких десятков до нескольких сотен метров и должны быть сравнимы с проектируемыми глубинами разведки. Максимальный разнос  $\frac{AB}{2}$  выбирают в 3–10 раз больше этих глубин.

- Рассмотрим несколько типичных разрезов и получаемых над ними кривых ВЭЗ, поясняющих физико-геологический смысл зондирования.

Пусть имеется двухслойный разрез: сверху — наносы, внизу — граниты (рис. 2 а). При малых разносах ( $AB < h_1$ )  $\rho_k \approx \rho_1$ . С увеличением разносов ток будет отжиматься плохо проводящими подстилающими породами к поверхности, поэтому возрастут его плотность и  $\rho_k$ . Очевидно, что на больших разносах ( $AB > 10 h_1$ )  $\rho_k \rightarrow \rho_2$ . В результате зондирования получают двухслойную кривую ВЭЗ для случая  $\rho_1 < \rho_2$ . Кроме такой восходящей, могут наблюдаться и нисходящие кривые ВЭЗ, если  $\rho_1 > \rho_2$  (рис. 2 б).

- После окончания зондирования ВЭЗ аппаратуру и оборудование переносят на новую точку.

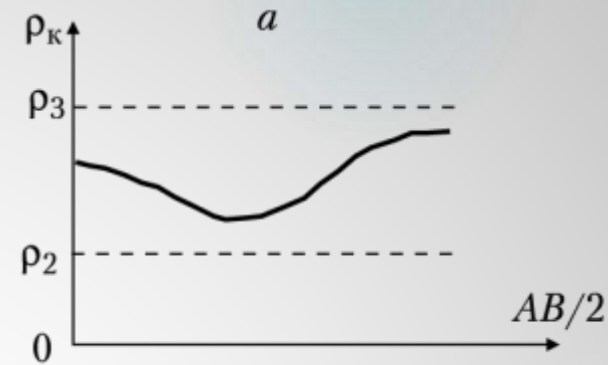
*Обычно точки зондирования располагают вдоль разведочных линий.*

Расстояния между соседними точками ВЭЗ изменяются от нескольких десятков до нескольких сотен метров и должны быть сравнимы с проектируемыми глубинами разведки. Максимальный разнос  $\frac{AB}{2}$  выбирают в 3–10 раз больше этих глубин.

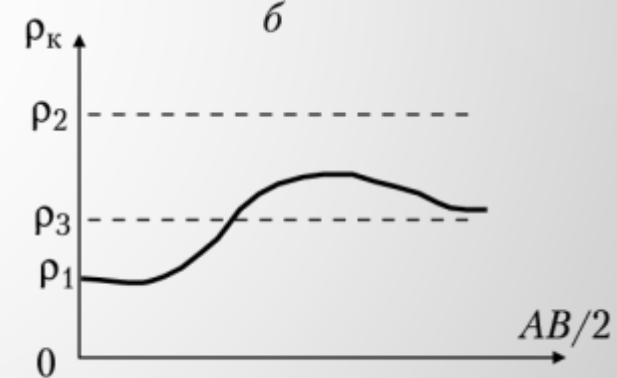
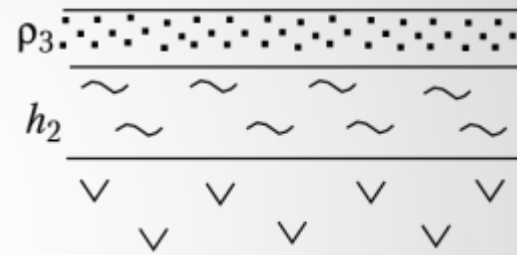
- Рассмотрим несколько типичных разрезов и получаемых над ними кривых ВЭЗ, поясняющих физико-геологический смысл зондирования.

# Трехслойный разрез

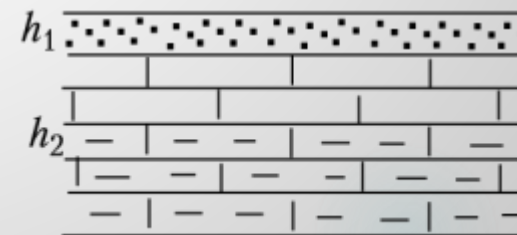
- ▶ Сверху залегают пески, ниже — хорошо проводящие ток глины, а еще ниже — изверженные породы с высоким сопротивлением (рис. 3. а). При малых разносах  $AB$   $\rho_k \rightarrow \rho_1$ , с увеличением разносов ток стремится войти во второй проводящий слой. Значит, вблизи  $MN$  уменьшаются плотность тока и  $\rho_k$ . При очень больших разносах ток будет проходить в основном в третьем слое, а при  $AB/2 \rightarrow \infty$   $\rho_k \rightarrow \rho_3$ .
- ▶ Трехслойные кривые, у которых  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ , называют кривыми типа  $H$ . Представим, что под наносами залегает мощная толща карбонатных пород — сухих в верхней части и обводненных в нижней (ниже уровня подземных вод). На полученной над таким разрезом кривой  $\rho_k$  будет максимум (рис. 3. б). Подобные кривые называют кривыми типа  $K$ .



трехслойные  
типа H

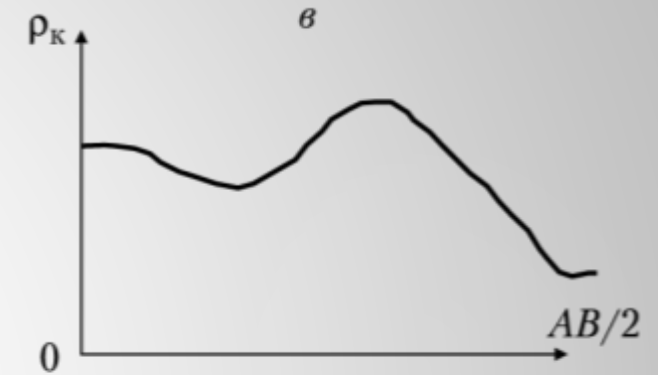


трехслойные  
типа K





- ▶ Как видим, двухслойный геологический разрез по данным электроразведки выявляется как трехслойный. Этот пример показывает, что далеко не всегда литологические слои соответствуют электрическим горизонтам. Если  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ , то кривую называют кривой типа А, если  $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$  — кривой типа Q.
- ▶ На практике обычно получают многослойные кривые ВЭЗ. Они имеют буквенное обозначение, состоящее из типов тех трехслойных кривых, из которых состоит данная многослойная. Например, кривая, приведенная на рис. 3.8 в, — пятислойная типа НКQ.



трехслойные типа НКQ

# Методика дипольных электрических зондирований - ДЭЗ

## ► Методика дипольных электрических зондирований.

Если надо изучить разрез на больших глубинах (несколько сотен метров), то разносы АВ приходится увеличивать до 10 км. При таких разнотах проводить ВЭЗ сложно.

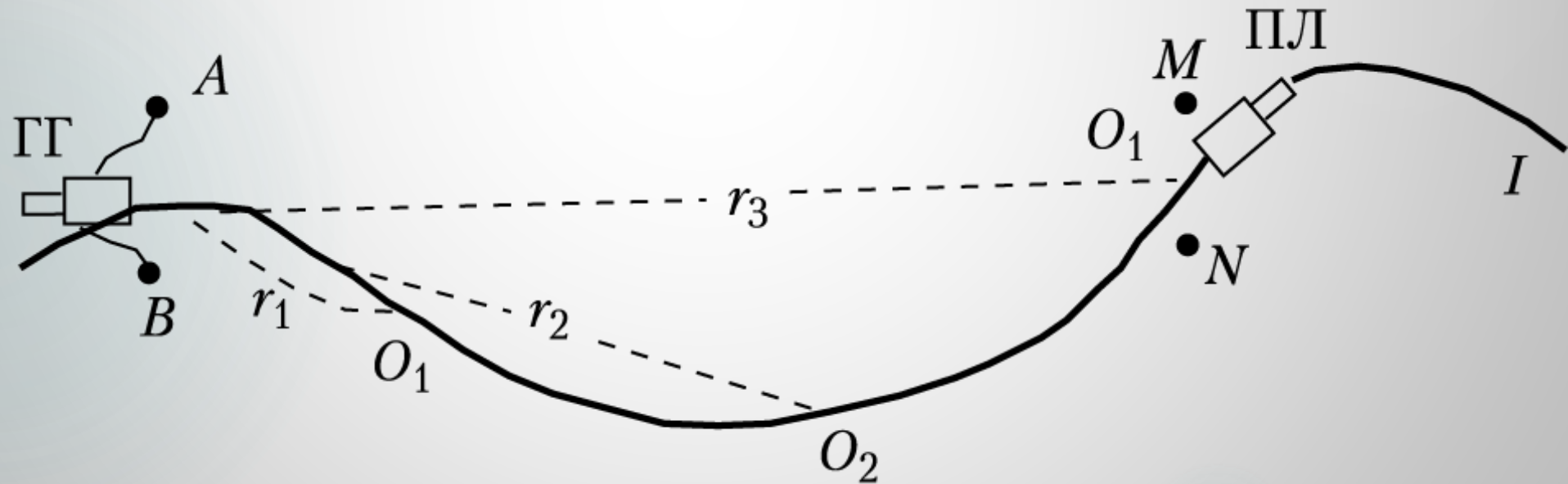
В этом случае предпочитают использовать дипольные установки (азимутальные, радиальные и др.). При дипольных электрических зондированиях (ДЭЗ) измеряют кажущееся сопротивление при разных расстояниях или разнотах ( $r$ ) между питающим и приемным диполями (рис.4). Электроды относят либо в одну сторону от неподвижного питающего диполя (одностороннее ДЭЗ), либо вначале в одну, а затем в противоположную сторону (двустороннее ДЭЗ).

# Схема (4) проведения дипольного азимутального зондирования:

ГГ — генераторная группа;

ПЛ — полевая лаборатория;

I — дорога



# Методика дипольных электрических зондирований

- ▶ Дипольное зондирование выполняют с помощью электроразведочных станций. Сначала проводят топографическую подготовку работ. В зависимости от условий передвижения электроразведочных станций ДЭЗ можно выполнять по криволинейным маршрутам, приуроченным к дорогам, рекам и участкам, к которым может быть доставлена полевая лаборатория. На рисунке 4 приведена схема увеличения разностей дипольного азимутального зондирования. Величина  $R$  должна увеличиваться примерно в геометрической прогрессии (например,  $R = 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 15; 20; 30$  км).
- ▶ Измерив ток в линии  $AB$  ( $I_1$ ) и разность потенциалов на  $MN$  ( $\Delta U_1$ ), можно получить  $\rho_k = k_1 \Delta U_1 / I_1$ , где  $k_1$  — коэффициент дипольной установки (3.6). После этого полевая лаборатория переезжает на новую точку —  $O_2$ . По радио устанавливают связь между станциями, снова измеряют  $\Delta U$ ,  $I$  и рассчитывают  $\rho_k$ .

# Методика дипольных электрических зондирований

- ▶ В результате в двойном логарифмическом масштабе строят кривую ДЭЗ: по горизонтали откладывают  $r$  (в азимутальном и экваториальном зондированиях) или  $r/2$  (в радиальном или осевом зондировании), а по вертикали —  $\rho_k$ . Форма кривых ДЭЗ, их названия такие же, как и у кривых ВЭЗ.



СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!

[https://bookonline.ru  
/node/743](https://bookonline.ru/node/743)