

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДЧНЫЙ ИНСТИТУТ имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

И.А. Доброхотова

**ПРАКТИКУМ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
В МЕТОДАХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ**

**Утверждено ученым советом
института в качестве
учебного пособия**

Москва 1985

Доброхотова И.А. Практикум по интерпретации результатов полевых наблюдений в методах электроразведки. Учебное пособие. - М.: МГРИ, 1985, с. 95.

Учебное пособие соответствует содержанию основного и специального курсов электроразведки, читаемых в Московском геологоразведочном институте имени Серго Орджоникидзе. Оно предназначено для обучения студентов-геофизиков III, IV, V курсов, в основном, рудной специальности. Пособие охватывает вопросы практической интерпретации результатов полевых наблюдений при работе наиболее широко применяющимися в настоящее время методами электроразведки постоянными и переменными полями, а также методами электрохимической поляризации. Особое внимание уделено способам и приемам интерпретации данных методов низкочастотного переменного поля, слабо освещенных в ранее издававшейся учебной литературе.

Пособие может быть использовано при обучении студентов техникума геофизической специальности, а также изучении курсов геофизики при подготовке геологов различного профиля.

Ил. 60.

© Московский ордена Трудового Красного Знамени геологоразведочный институт, 1985

ВВЕДЕНИЕ

Электроразведка - один из ведущих геофизических методов, применяемых при геологоразведочных работах для решения широкого круга геологических задач, характеризуется многообразием методов, их модификаций, разветвленностью вариантов и методик. Каждый отдельный метод и каждая модификация метода или его вариант отличаются не только методикой полевых работ, но и имеют свою специфику обработки и интерпретации результатов полевых наблюдений.

В основном курсе электроразведки, преподаваемом в Московском геологоразведочном институте имени Серго Орджоникидзе для студентов геофизических специальностей на III-IV курсах, излагаются лишь способы интерпретации для наиболее распространенных из применяющихся в настоящее время методов электроразведки. Более глубокое изучение теоретических основ методов и знакомство с методами, применяющимися для решения более узкого круга задач, так же как и изучение связанных с этими методами вопросов интерпретации, осуществляется на старших курсах /IV-V/ в рамках курсов по специализациям.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов-геофизиков, изучающих как основной курс, так и спецкурс электроразведки, и охватывает вопросы, связанные с интерпретацией результатов полевых наблюдений для методов постоянного поля (электропрофилирование, ВЭЗ, метод заряженного тела, метод естественного поля), переменного поля (низкочастотные индуктивные методы) и нестационарных полей (метод вызванной поляризации, метод переходных процессов в варианте совмещенных петель и автономной рамки). Оно может быть использовано студентами других вузов и техникумов, осваивающих геофизические специальности, а также студентами-геологами, изучающими геологические дисциплины. Кроме того оно может быть полезным для инженеров и техников геофизических организаций, особенно те его части, которые касаются методов, слабо освещенных в учебной и научной литературе, но достаточно широко распространенных.

1. НОРМАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В МЕТОДЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Для того, чтобы по наблюдаемому электрическому полю можно было составить суждение о геоэлектрическом разрезе, следует в процессе интерпретации сравнить между собой наблюдаемое поле и поле над известным геоэлектрическим разрезом для того же источника, рассчитанным теоретически. Чаще всего наблюдаемое поле сравнивают с полем источника над однородным полупространством, которое и называют **н о р м а л ь н ы м п о л е м**.

В методах электроразведки постоянными полями, в частности, в методах сопротивлений, наиболее часто применяемыми источниками возбуждающего электрического поля являются точечные и дипольные источники. Питательными установками в этих случаях являются установки с одним питающим электродом А (второй электрод В отнесен на расстояние, в 10-15 раз превышающее расстояние от точки наблюдения до электрода А), с двумя питающими электродами А и В и дипольные установки, когда расстояние между питающим и приемным диполями во много раз меньше расстояния до точки наблюдения.

Чтобы иметь представление о характере электрического поля, возбуждаемого этими источниками в однородном полупространстве, предлагается рассчитать напряженность электрического поля E и потенциал U для этих источников на поверхности однородного полупространства, заполненного средой с удельным электрическим сопротивлением ρ . Оценку глубинности исследования при работе с точечными, двухточечными и дипольными установками можно произвести на основании анализа зависимости между плотностью тока на поверхности полупространства для какой-либо точки наблюдения X и плотностью тока в точке, расположенной на глубине h под точкой наблюдения X (на расстоянии h по вертикали, проходящей через точку наблюдения X).

Для этого следует воспользоваться формулами:

$$4) \quad U = \frac{\gamma \rho}{2\pi x} ; E = \frac{\gamma \rho}{2\pi x^2} \quad (\text{точечный источник});$$

$$U = \frac{\gamma \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{(x-x)} \right); E = \frac{\gamma \rho}{2\pi} \left(\frac{x}{x^3} - \frac{x-x}{(x-x)^3} \right) \quad (\text{двухточечный источник});$$

$$U = \frac{\gamma \rho l}{2\pi x^2}; \quad E = \frac{\gamma \rho l}{\pi x^3} \quad (\text{дипольный источник}),$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление однородного полупространства; E - напряженность электрического поля; U - потенциал электрического поля; γ - сила тока в питающей установке; x - расстояние до точки наблюдения от источника А или центра диполя; d - расстояние между питающими электродами А и В (l для диполя);

2)

$$j = \frac{\gamma}{2\pi (h^2 + x^2)} \quad (\text{точечный источник});$$

$$j = \frac{\gamma \frac{d}{2}}{\pi \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 + h^2 \right]^{3/2}} \quad (\text{двухточечный источник});$$

$$j = \frac{\gamma l}{2\pi (x^2 + h^2)} \sqrt{1 + 3 \frac{x^2}{(x^2 + h^2)}} \quad (\text{дипольный источник}),$$

где j - плотность тока в среде; h - глубина.

Задание

1. Рассчитать потенциал и напряженность электрического поля на поверхности однородного полупространства; принять $\gamma = 1 \text{ А}$; $\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{мАВ} = 100 \text{ м}, 200 \text{ м}, 300 \text{ м}$; расстояние до точки наблюдения меняется от 50 до 350 м с шагом 10 м; начало координат совместить с точкой А.

2. Построить и проанализировать графики изменения U и E вдоль профиля наблюдения.

3. Рассчитать отношение плотности тока на глубине h к плотности тока на поверхности наблюдения j_0 .

4. Построить график зависимости $\frac{j}{j_0}$ от глубины h для случаев:

- 1) $AB = d = 100 \text{ м}; X = 50 \text{ м};$
- 2) $AB = d = 200 \text{ м}; X = 100 \text{ м};$
- 3) $AB = d = 300 \text{ м}; X = 150 \text{ м}.$

5. Проанализировать построенные графики и сделать выводы о зависимости глубинности исследования от расстояния между источником поля и точкой его наблюдения.

II. РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАБОТ МЕТОДАМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

§ 1. Расчет установки для вертикального электрического зондирования

Расчет установки для производства работ методом ВЗЗ включает в себя те же элементы, что и расчет установки для электропрофилирования и производится с учетом тех же соображений.

Длину провода АВ, требующегося для намотки на катушки питающей линии, следует выбрать таким образом, чтобы зондирование производилось до выхода кривых на асимптотические значения.

Задание

Рассчитать установку для производства работ методом ВЗЗ на участке, где имеются четыре опорные скважины, вскрывшие два горизонта: перекрывающую осадочную толщу, удельное электрическое сопротивление которой по данным каротажа составляет 120 Ом-м, и подстилающий горизонт с удельным электрическим сопротивлением 840 Ом-м. Глубина до нижнего горизонта по скважинам 1-4 составляет соответственно 25, 30, 42 и 18м.

Нарисовать монтажную схему установки.

§ 2. Расчет установки для симметричного электропрофилирования

Перед началом полевых работ методом симметричного электропрофилирования в новом районе инженер-геофизик, руководящий работами, должен произвести расчет установки, т.е. определить:

- 1) длину питающей и приемной линий;
- 2) тип и марку провода, требующегося для монтажа питающей и приемной установок;
- 3) ток, который необходимо пропускать в питающей цепи, чтобы создать на приемных электродах разность потенциалов ΔU_{MN} . уве-

ренно измеряемую имеющейся в партии геофизической аппаратурой в условиях помех, характерных для данного района работ;

4) число и тип батарей, которые нужно подключить в питающую цепь, а также способ их соединения и соединения секций этих батарей;

5) число заземлителей в сложном заземлении на концах линии АВ, которые необходимо смонтировать таким образом, чтобы сопротивление линии АВ было не слишком велико и дало возможность при работе с выбранными батареями получить в цепи АВ ток нужной величины.

Для выполнения этих расчетов следует произвести следующие работы:

а) используя известные или предполагаемые сведения об электрических и геометрических характеристиках разреза, построить кривые ВЭЗ, типичные для данного района. По построенным кривым определить разность АВ, которые в этих условиях позволяют обеспечить необходимую глубину исследований;

б) выбрать разность MN в соответствии с инструкцией по электроразведке ч. I и сообразуясь с масштабом работ;

в) оценить ток в цепи АВ по формуле:
$$\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}$$
 где ρ_k - минимальное значение кажущегося удельного сопротивления, измеряемого при выбранных разностях АВ (оценить также по построенным графически кривым ВЭЗ); ΔU - минимальная, измеряемая уверенно с аппаратурой данного типа разность потенциалов (с учетом помех, типичных для района работ);

г) построить графики зависимости сопротивления одиночного острого электрода от глубины забивки его и от радиуса электрода и на основании этих графиков выбрать радиус электрода и глубину его забивания;

д) выбрать батареи для производства работ и определить их число и способ соединения таким образом, чтобы обеспечить в питающей цепи ток, не меньший, чем оцененный по формуле ρ_k (п.5, в).

Задание

Произвести расчет установки для симметричного электропрофилирования с целью картирования кровли высокоомного маркирующего горизонта, представленного известняками с удельным электрическим сопротивлением $\rho = 900$ Ом-м. Мощность покровных отложений на участке работ колеблется в пределах 150-200 м. Удельное электрическое сопротивление этих

отложенный составляет в среднем 80 Ом·м.

Аппаратура, которая имеется в партии, производящей работы, и уровень помех в районе обеспечивают уверенные изменения разности потенциалов от 10 мВ.

Нарисовать монтажную схему установки.

III. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ПРАВИЛА ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ КРИВЫХ ВЭЗ

§ 3. Графические способы построения и интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ

Графические способы построения двухслойных кривых ВЭЗ

При графическом построении двухслойной кривой ВЭЗ, характеризующей заданный двухслойный геоэлектрический разрез с параметрами ρ_1, h_1, ρ_2 , используется двухслойная палетка ВЭЗ, приведенная на рис. I.

Палетка представляет собой набор теоретических двухслойных кривых ВЭЗ, рассчитанных по формуле:

$$\rho_k = \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12} n \left(\frac{AB}{2h_1} \right)^{5n}}{\left[\left(\frac{AB}{2h_1} \right)^{2n} + 4n^2 \right]^{5/2}} \right\}, \quad (1)$$

где $K_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$,

и построенных в двойном логарифмическом масштабе. Последнее обстоятельство обуславливает зависимость формы кривых только от отношения удельных сопротивлений нижнего и верхнего горизонтов $\frac{\rho_2}{\rho_1} = m$.

Поэтому все теоретические кривые на палетке индексированы значениями $m = \frac{\rho_2}{\rho_1}$.

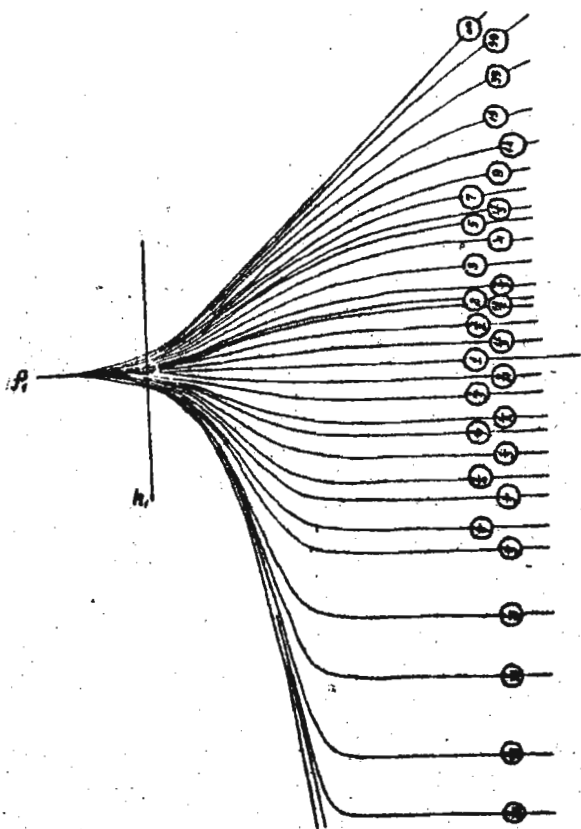


Рис. 11. Палетка теоретических двухслойных кривых ВЗЗ

Как видно из рис. 1 и следует из формулы (1), левая асимптотическая ветвь двухслойной кривой ВЗЗ стремится к ρ_1 , а правая асимптотическая ветвь стремится к значению ρ_2 . Теоретические кривые построены для значений $\rho_1 = 1$ (горизонтальная ось палетки) и $h_1 = 1$

(вертикальная ось палетки). Реальные значения h_1 лишь изменяют положение кривой ВЭЗ, соответствующей данному разрезу, вдоль оси абсцисс (оси, по которой откладывается полуразнос $\frac{AB}{2C}$), а конкретные значения ρ_1 - положение кривой вдоль оси ординат - (оси, по которой откладывается значение ρ_k).

Правила графического построения двухслойных кривых ВЭЗ с помощью двухслойной палетки теоретических кривых можно сформулировать следующим образом:

1. На прозрачный билогарифмический бланк с модулем, соответствующим модулю палетки (6,25), наносятся в виде крестика параметры первого горизонта ρ_1, h_1 .

2. Вычисляется значение $M = \frac{\rho_2}{\rho_1}$, соответствующее заданному разрезу.

3. Прозрачный билогарифмический бланк накладывается на двухслойную палетку таким образом, чтобы крест ρ_1, h_1 совместился с началом координат палетки, а оси абсцисс и ординат оставались параллельными.

4. На прозрачный бланк переносится теоретическая кривая с индексом M , соответствующим заданному отношению $\frac{\rho_2}{\rho_1}$. Если кривой с таким индексом нет, она находится с помощью интерполяции (в логарифмическом масштабе).

Задание

Построить двухслойные кривые ВЭЗ, соответствующие заданному геоэлектрическому разрезу (рис. 2 а и б).

Интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ

Интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ с помощью палетки теоретических двухслойных кривых сводится к следующему:

1. Строят экспериментальную (полевую) кривую ВЭЗ на прозрачном бланке в двойном логарифмическом масштабе.

2. Соблюдая параллельность осей абсцисс и ординат, совмещают наилучшим образом экспериментальную кривую с одной из теоретических кривых на двухслойной палетке.

3. В положении наилучшего совмещения переносят на бланк линии и h_1 (начало координат) двухслойной палетки и считывают с оси абсцисс против линии h_1 значение мощности первого горизонта, а против линии ρ_1 на оси ординат - значение удельного сопротивления первого горизонта ρ_1 .

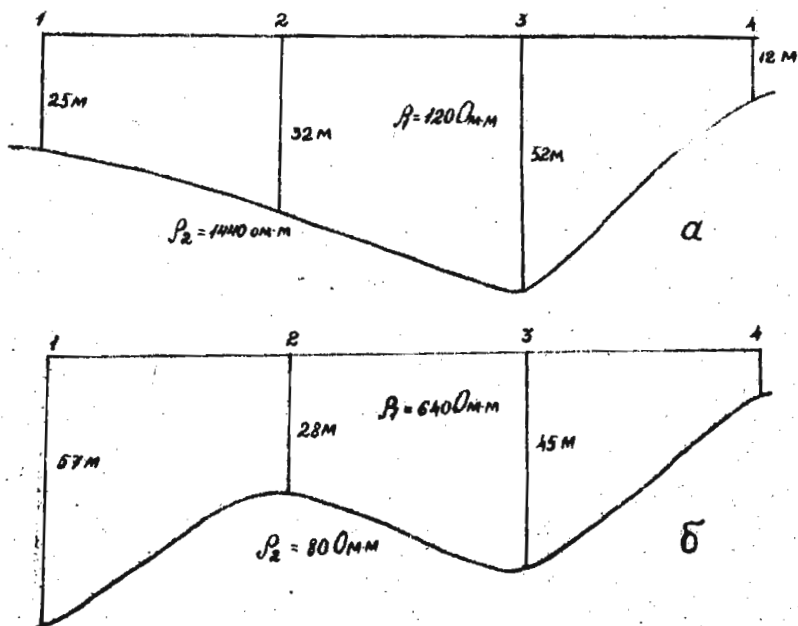


Рис. 2. Геоэлектрический разрез

4. Величину удельного сопротивления второго горизонта ρ_2 определяют либо по асимптотическому значению правой ветви кривой, либо по индексу μ той теоретической кривой, с которой совпадала экспериментальная.

Задание

Для заданных двухслойных кривых, представленных на рис. 3 и 4 определить параметры ρ и h и построить геоэлектрические разрезы.

Расстояние между точками зондирования (ВЗЗ № 1, ВЗЗ № 2, ВЗЗ № 3, ВЗЗ № 4, ВЗЗ № 5) составляет 500 м.

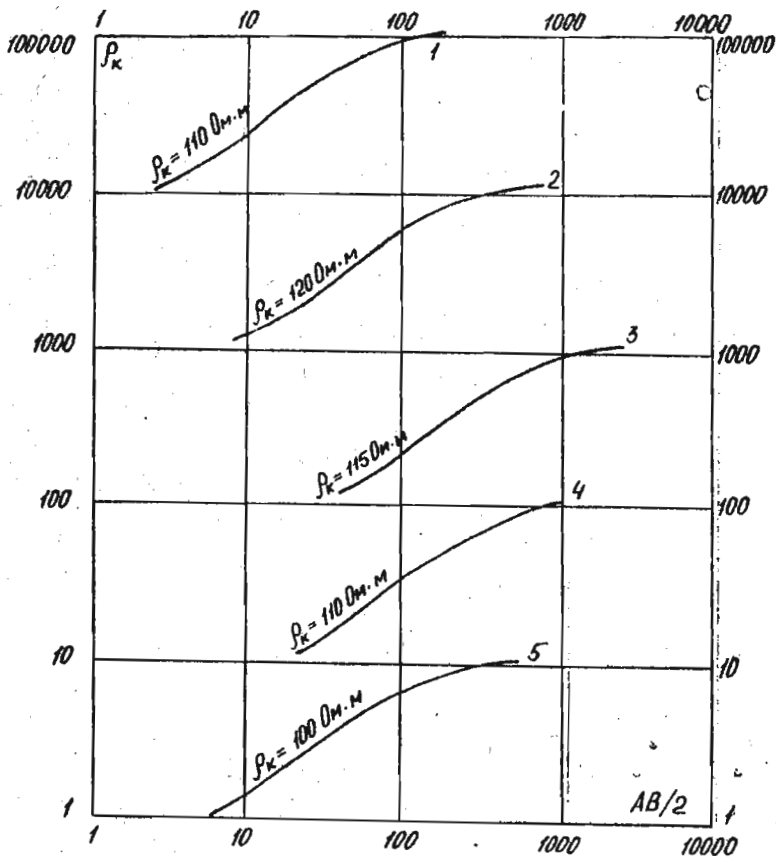


Рис. 3. Графики ρ_k ВЭЗ

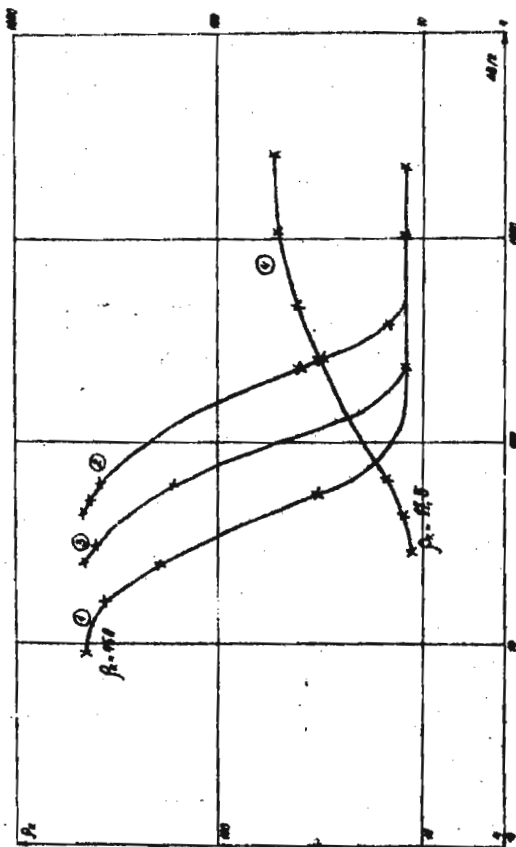


Рис. 4. Графики β_k ВЗЗ

§ 4. Графическое построение трехслойных кривых ВЭЗ

Общие правила построения

Способы графического построения трехслойных кривых ВЭЗ по заданным параметрам геоэлектрического разреза $\rho_1, h_1, \rho_2, h_2, \rho_3$ базируются на следующих трех положениях:

I. При малых разносах $\frac{h_2}{\rho_2}$ влияние третьего горизонта незначительно и поэтому левая ветвь трехслойных кривых в большей или меньшей степени совпадает с двухслойной кривой, соответствующей верхней части трехслойного разреза (первые два слоя с параметрами ρ_1, h_1, ρ_2).

II. При больших разносах $\frac{h_2}{\rho_2}$ влияние двух первых горизонтов на форму кривой ВЭЗ соответствует влиянию одного эквивалентного горизонта с параметрами ρ_3, h_3 , которые можно определять либо аналитически (с помощью формул, выведенных опытным путем), либо графическим способом, либо с помощью вспомогательных палеток (ЛСН, ЛСК, ЛСР, ЛСА).

III. Принцип эквивалентности позволяет при построении трехслойных кривых ВЭЗ, соответствующих заданному геоэлектрическому разрезу, использовать теоретические кривые из альбома трехслойных палеток в том случае, когда продольная проводимость S второго горизонта (разрез типа Н и А) либо его поперечное сопротивление T (разрез типа К и Р) остаются постоянными как для заданного разреза, так и для теоретического (палеточного). Правила графического построения сводятся к следующему:

1. На прозрачном билогарифмическом бланке строится двухслойная кривая, соответствующая верхней части трехслойного разреза (ρ_1, h_1, ρ_2) - левая ветвь искомой трехслойной кривой (см. § 3).

2. Два верхних слоя заменяются одним эквивалентным и параметры этого эквивалентного горизонта ρ_3, h_3 определяются любым из трех способов (аналитически, графически, либо с помощью вспомогательных палеток) (см. примечание ниже).

3. С помощью палетки производится построение двухслойной кривой, соответствующей двухслойному разрезу, верхний горизонт которого характеризуется параметрами ρ_3, h_3 , а нижний - параметром ρ_2 - это правая ветвь искомой трехслойной кривой.

4. Из альбома теоретических трехслойных кривых выбирается 2 семейства со значением m , ближайшим к отношению $m = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ для задан-

ного разреза, и значениями $(\frac{\rho_2}{\rho_1})'$ и $(\frac{\rho_3}{\rho_1})''$, одно из которых больше, а другое меньше, чем $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ заданного разреза.

5. Точка $\rho_1 h_1$ (крест) строящейся кривой совмещается поочередно с началом координат каждого из выбранных семейств и с них переносятся на бланк две вспомогательные кривые с индексом ν , рассчитываемым по формулам:

$$D = \frac{\nu \rho}{m \rho'} \cdot m \quad - \text{ для разрезов типа Н и А;}$$

$$D = \frac{\nu \rho \cdot m \rho}{m} \quad - \text{ для разрезов типа К и Q,}$$

где ν и m - параметры кривых палетки; $\nu \rho$ и $m \rho$ - параметры разреза.

6. Средняя часть искомой кривой проводится между двумя вспомогательными таким образом, чтобы расстояние между вспомогательными кривыми делилось искомой кривой в таком же отношении, в каком делится отрезок между вспомогательными кривыми в их асимптотической части правой ветви трехслойной кривой (двухслойной кривой, соответствующей разрезу ρ_2, h_2, ρ_3 (рис. 5).

Примечание к III п.2 способы нахождения параметров эквивалентного горизонта (точка Н (точка Гуммеля), А (точка анизотропии), К и Q).

I. Аналитический способ:

$$\text{для точки Н} \quad h_2 = h_1 + h_2; \quad \rho_3 = \frac{h_1 + h_2}{\frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2}} = \frac{h_1 + h_2}{S_1 + S_2};$$

$$\text{для точки А} \quad h_2 = \sqrt{(S_1 + S_2)(T_1 + T_2)}; \quad \rho_3 = \sqrt{\frac{T_1 + T_2}{S_1 + S_2}};$$

$$\text{для точки К} \quad h_2 = \varepsilon \sqrt{(S_1 + S_2)(T_1 + T_2)}; \quad \rho_3 = \sqrt{\frac{T_1 + T_2}{S_1 + S_2}};$$

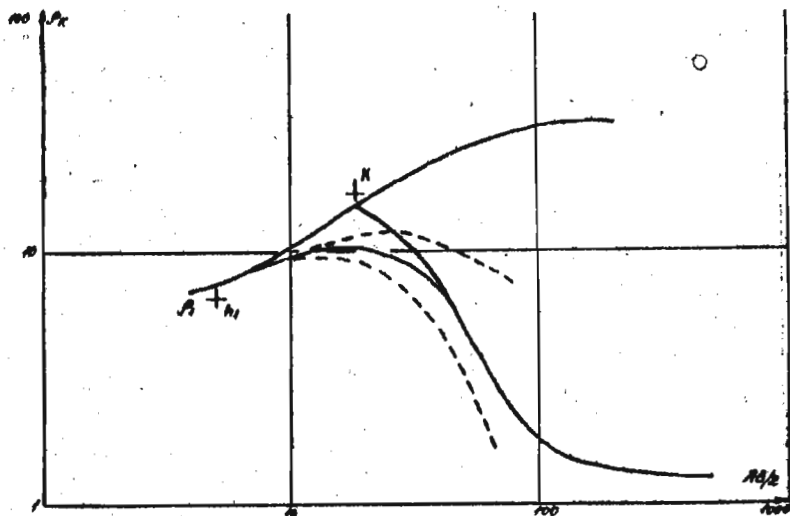


Рис. 5. Графическое построение трехслойной кривой ВЗЗ

для точки $h_3 = \zeta (h_1 + h_2)$; $\rho_0 = \zeta \frac{h_1 + h_2}{S_1 + S_2}$;

где $S_1 = \frac{h_1}{\rho_1}$; $S_2 = \frac{h_2}{\rho_2}$ - продольная проводимость 1-го и 2-го горизонтов;

$T_1 = h_1 \rho_1$; $T_2 = h_2 \rho_2$ - поперечное сопротивление 1-го и 2-го горизонтов.

ϵ находится по номограмме, приведенной на рис. 6; ζ находится по специальным таблицам или по номограмме, приведенной на рис. 7.

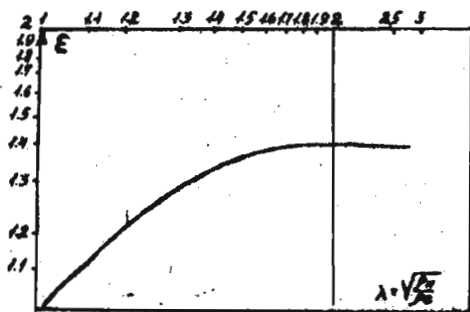


Рис. 6. Номограмма для нахождения ϵ

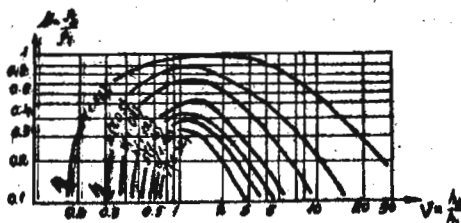


Рис. 7. Номограмма для нахождения η

III. Графический способ (рис. 8)

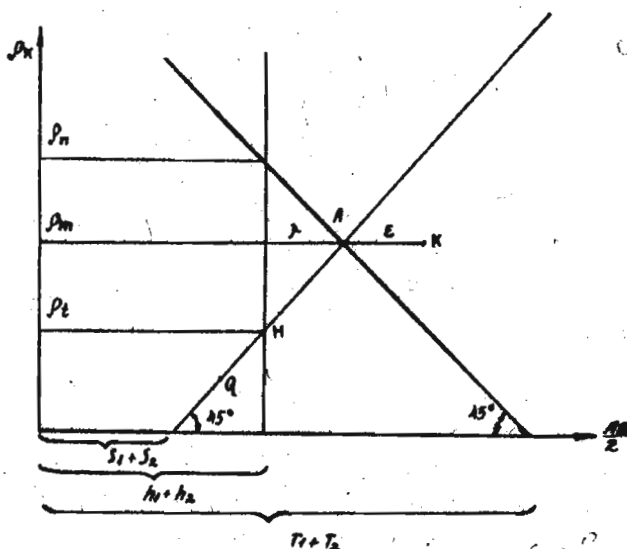


Рис. 8. Графический способ нахождения ρ_3, h_3

Из рис. 8 видно, что значение ρ_3, h_3 можно найти следующим способом:

1. Для разрезов типа Н (точку Гуммеля):

а) отметить на оси абсцисс прозрачного бланка на уровне $\rho_k = 1$ Ом.м значение $S_{1,2}$, равное $S_1 + S_2$ - суммарное продольной проводимости двух первых горизонтов, и провести из этой точки прямую под углом 45° к оси абсцисс;

б) отложить на той же оси отрезок, равный суммарной мощности двух первых горизонтов $h_1 + h_2$, и провести через эту точку линию, параллельную оси ординат;

в) точку пересечения указанных прямых, которая и будет точкой Н, т.е. точкой Гуммеля (ордината последней равна ρ_3 , а абсцисса - h_3).

2. Для разрезов типа А:

а) провести на бланке со строящейся кривой линию $S_{1,2}$ (см. п. 1, а);

б) отложить на оси абсцисс прозрачного бланка на уровне $\rho_k = 1$ Ом.м значение, равное $T_1 + T_2$ - суммарному поперечному сопротивлению первых двух горизонтов, и провести из этой точки прямую под

углом 135° к оси абсцисс (линии T_{12});

в) точка пересечения линии S_{12} и T_{12} и будет являться искомой точкой А, точкой анизотропии, координаты которой - h_2 и ρ_2 .

3. Для разрезов типа К:

а) найти точку А указанным выше способом;

б) найти величину ε по номограмме, приведенной на рис. 6, предварительно вычислив коэффициент анизотропии

в) отложить от точки А вправо, по линии, параллельной оси абсцисс, отрезок, равный величине ε . Конец отрезка совпадает с точкой К, координаты которой соответствуют ρ_2 и h_2 для заданного разреза.

4. Для разрезов типа Q:

а) найти точку Н указанным выше способом;

б) определить величину h по номограмме, приведенной на рис. 7;

в) отложить отрезок, равный h , от точки Н вниз, по линии S_{12} .

Полученная точка - точка Q - имеет координаты ρ_2 и h_2 .

III. Нахождение значений ρ_2 и h_2 с помощью вспомогательных палеток LCN ; LCA ; LCQ ; LCK .

а) совместить крест ρ_1 , h_1 с началом координат соответствующей вспомогательной палетки;

б) найти на палетке точку пересечения линий V и M , соответствующих значениям h_1 и ρ_1 для заданного разреза, и перенести эту точку на бланк. Координаты найденной точки определяют ρ_2 и h_2 .

Задание

Руководствуясь правилами построения, изложенными выше, построить кривые ВЗЗ, соответствующие геоэлектрическому разрезу, приведенному на рис. 9, для точек зондирования 1, 2, 3.

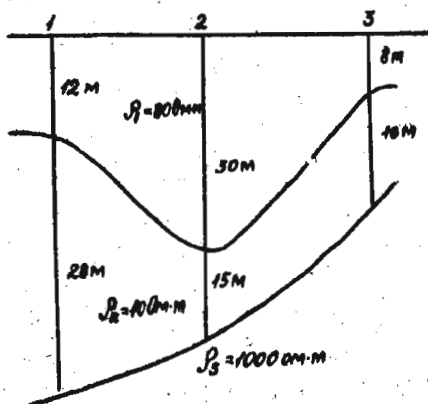


Рис. 9. Геоэлектрический разрез

§ 5. Графическое построение трехслойных кривых ВЭЗ с использованием номограмм Пылаева

При построении трехслойных кривых ВЭЗ согласно правилам, изложенным выше, после нахождения левой и правой ветвей искомой кривой и перед построением вспомогательных кривых рекомендуется удостовериться, что использование этих последних находится в согласии с принципом эквивалентности.

Для этого служат номограммы Пылаева, приведенные на рис. 10-13. Номограммы рассчитаны для оценки пределов применимости принципа эквивалентности для трехслойных кривых ВЭЗ различных типов и могут быть использованы для определения вспомогательных кривых следующим образом:

Вычислив $\nu = \frac{\rho_2 \rho_3}{\rho_1}$ и $M = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ для заданного разреза, ставят точку с координатами ν и M на номограмму, соответствующую типу разреза (Н, А, К или Q).

Такая точка может попасть в следующие области:

1) в одну из областей, ограниченных двумя кривыми, проведенными справа и слева от вертикальных линий M , соответствующих тем величинам M , для которых рассчитаны теоретические кривые альбома палеток;

2) сразу в две или даже три области, охватывающие осевые линии с различными значениями M ;

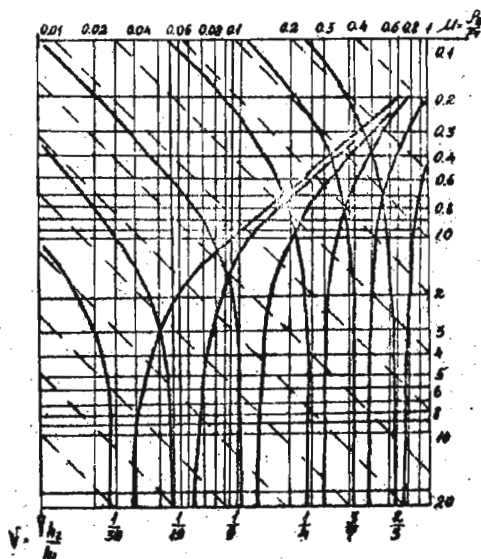


Рис. 10. Номограмма Пылаева для определения пределов применимости принципа эквивалентности для разрезов типа Н

3) в пространство между двумя смежными областями.

В первом случае для построения вспомогательных кривых следует выбрать семейства, M которых соответствует основной вертикальной линии области. Индекс ν вспомогательных кривых можно не рассчитывать по формулам, приведенным в § 4, а определить следующим образом. Через точку с координатами ν и M разреза проводится линия S или T , параллельная пунктирным линиям палетки до пересечения с осевой линией области. Ордината точки пересечения и есть искомое значение ν .

Во втором случае для построения вспомогательных кривых можно выбрать семейства с любым значением M , соответствующим осевой линии тех областей, в которые попадает нанесенная точка. Значение ν определяется вышеуказанным способом.

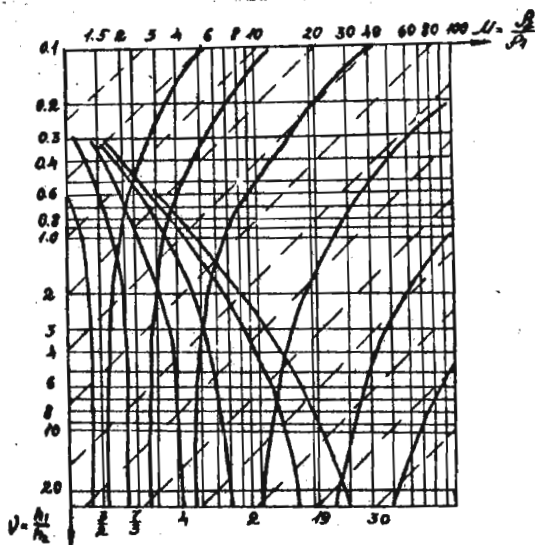


Рис. II. Номограмма Пылаева для определения пределов применимости принципа эквивалентности для разрезов типа К

В третьем случае ни одна из имеющихся в альбоме кривых не будет эквивалентна искомой и для нахождения последней рекомендуется построить четыре вспомогательные кривые с двумя значениями M' и M'' , одно из которых будет меньше, а другое больше, чем M разреза, и двумя значениями $(\frac{P_2}{P_1})'$ и $(\frac{P_2}{P_1})''$ также больше и меньше, чем $\frac{P_2}{P_1}$ заданного разреза.

Индексы v' и v'' вспомогательных кривых определяются как ординаты точек пересечения линии S (или T), проведенной через точку с координатами v и M , с осявыми линиями двух ближайших областей эквивалентности, справа и слева от нанесенной на номограмму точки.

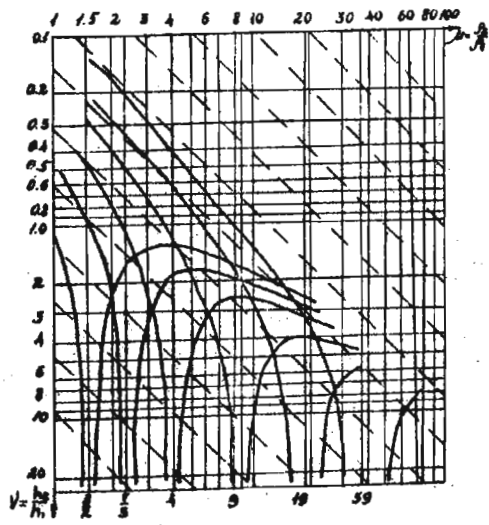


Рис. 12. Номограмма Пылаева для определения пределов применимости принципа эквивалентности для разрезов типа А

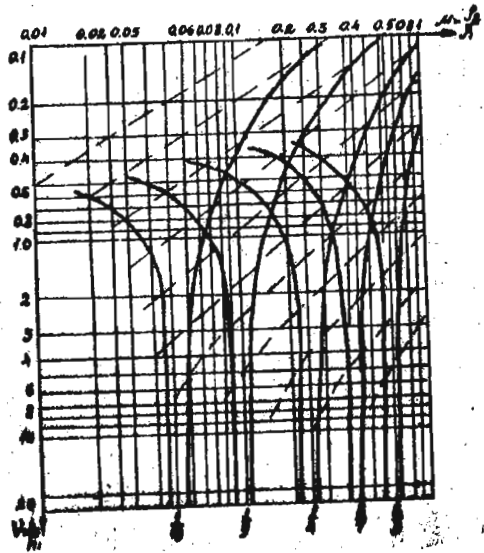


Рис. 13. Номограмма Пылаева для определения предела применимости принципа эквивалентности для разреза типа Q

Задание

Построить кривые ВЭЗ, соответствующие геоэлектрическому разрезу, показанному на рис. 9, руководствуясь правилами изложенными в § 4 и используя номограммы Пылаева при построении вспомогательных кривых.

§ 6. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ с помощью двухслойных и вспомогательных палеток (ρ_2 - известно)

Интерпретация трехслойных кривых с помощью двухслойных и вспомогательных палеток базируется на сопоставлении левой и правой ветвей трехслойной кривой ВЭЗ с двухслойными теоретическими кривыми и нахождении затем точек Н, А, К или Q разреза. Она производится в следующем порядке:

1) совмещая левую ветвь экспериментальной кривой с двухслойными теоретическими кривыми, находим ρ_1, h_1 и $m = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ разреза (см. §3)^{x)} и наносим на бланк точку (крест) с координатами ρ_1, h_1 и m ;

2) накладываем бланк с полевой кривой ВЭЗ на вспомогательную палетку ЛСН; ЛСА; ЛСК или ЛСQ в зависимости от типа кривой таким образом, чтобы крест с координатами ρ_1, h_1 совпал с началом координат палетки, и переносим на бланк линию m , соответствующую найденному значению;

3) накладываем бланк на двухслойную палетку и, проводя линию m через начало координат палетки, добиваемся совмещения правой ветви полевой кривой с одной из теоретических двухслойных (соблюдая параллельность осей абсцисс и ординат). В таком положении отмечаем на линии m место начала координат двухслойной палетки, которое и будет искомой точкой Н (К, А или Q);

4) накладывая бланк на вспомогательную палетку так, чтобы крест (ρ_1, h_1) совпал с началом координат, определяем ν разреза по индексу той линии ν , которая проходит через точки Н, А, К или Q;

5) зная ρ_2 , вычисляем мощность второго горизонта h_2 по форму-

^{x)} Если левая ветвь трехслойной кривой имеет хорошо выраженную асимптоту, а ρ_2 задано, значение m может быть просто вычислено как $\frac{\rho_2}{\rho_1}$.

$$h_2 = \frac{\nu h_1}{2M\rho_1} \rho_2 \quad \text{для кривых типа Н и А;}$$

$$h_2 = \frac{\nu M h_1 \rho_1}{\rho_2} \quad \text{для кривых типа К и Q.}$$

Задание

Найти значение ρ_1 , h_1 , h_2 и ρ_3 для кривых, приведенных на рис. 14 (ρ_2 - задано) и построить геоэлектрические разрывы. Расстояние между точками зондирования - 50 метров.

§ 7. Интерпретация трехлопных кривых ВЭЗ с помощью трехлопных палеток (ρ_2 - известно)

Интерпретация трехлопных кривых с помощью палеток трехлопных теоретических кривых базируется на принципе эквивалентности и замасштабованности в сопоставлении экспериментальной и теоретической кривой. Оно сводится к следующему:

- 1) с помощью двухлопной палетки по левой ветви трехлопной кривой определяют ρ_1 , h_1 и M ;
- 2) по асимптотическим значениям правой ветви оценивают ρ_3 ;
- 3) выбирают семейство кривых для производства дальнейшей интерпретации, составляя шаблон семейства $H-M'-(\frac{\rho_2}{\rho_1})'$, где H - тип кривой; M' - палеточное значение M , ближайшее к определенному - в п.1 и выбранное по ключу альбома палеток, расположенному на первой странице альбома; $(\frac{\rho_2}{\rho_1})'$ - ближайшее к оцененному выше палеточное значение отношения удельных сопротивлений третьего и первого горизонтов;
- 4) накладывают на выбранное семейство кривых бланк с интерпретируемой кривой, добиваясь наилучшего совмещения левой и средней части кривой с одной из теоретических. В этом положении переносят на бланк линии ρ_1 и h_1 , уточняя тем самым значения удельного электрического сопротивления и мощности первого горизонта, определенные выше (п.1), а затем определяют по индексу теоретической кривой, совпавшей с экспериментальной, значение ν ;
- 5) вычисляют значение мощности второго горизонта h_2 по формулам, приведенным в § 6.

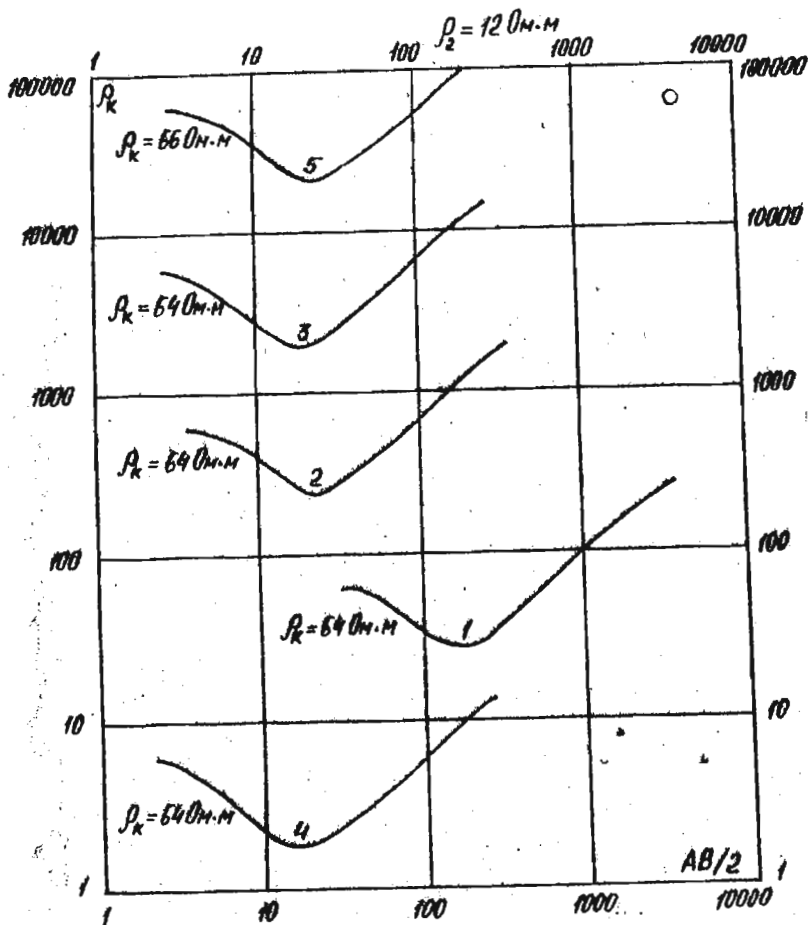


Рис. 14. Графики R_k ВЗЗ

Задание

Найти удельные сопротивления и мощности, характеризующие трехслойный разрез, над которым были получены кривые, приведенные на рис. 15.

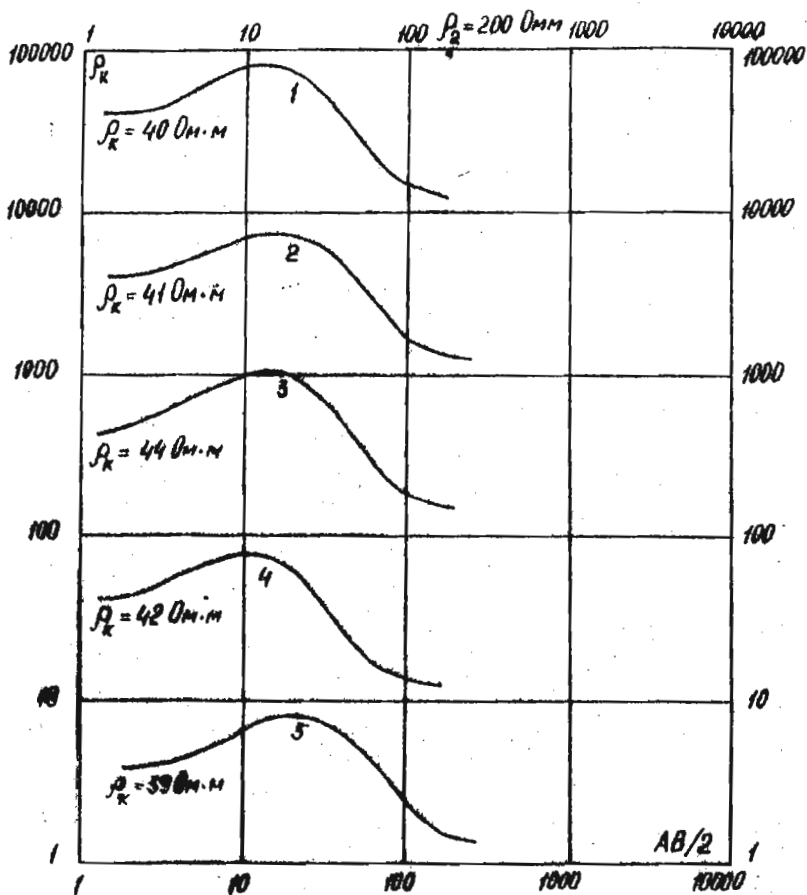


Рис. 15. Графики ρ_k ВЗЗ

Построить геоэлектрических разрез, допустив, что расстояние между точками зондирования - 100 м.

§ 8. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ с помощью трехслойных палеток (ρ_2 - неизвестно)

Если удельное сопротивление промежуточного горизонта ρ_2 неизвестно, то определить мощность этого горизонта нельзя h_2 . В этом случае исследователь может лишь оценить те пределы, в которых могут меняться величины ρ_2 и h_2 .

Производится это с помощью описанных выше диаграмм Пылаева. Интерпретация в этом случае сводится к следующему.

1. Оцениваются значения удельного электрического сопротивления и мощности первого горизонта ρ_1, h_1 , удельного сопротивления третьего горизонта ρ_3 и величины M и ψ по правилам, изложенным в § 3, § 4, § 7.

2. Берется диаграмма Пылаева, соответствующая типу кривой (Н, А, К или Q), на которую нанесены точка с координатами ψ и M , определенными ранее.

Через эту точку проводится линия, параллельная пунктирным линиям диаграммы (линии S или T) до пересечения с левой и правой кривыми, ограничивающими область действия принципа эквивалентности.

Ординаты точек пересечения показывают пределы, ограничивающие возможные колебания значений ψ искомого разреза, а абсциссы тех же точек покажут пределы возможных колебаний M искомого разреза:

$$\begin{aligned} \psi' < \psi < \psi'' \\ M' < M < M'' \end{aligned}$$

Дополнив верхнее неравенство найденное ранее значение h_1 , а нижнее - на найденное ранее значение ρ_1 , найдем пределы возможных изменений сопротивления и мощности второго горизонта для искомого разреза (... $m < h_2 < n; \rho < \rho_2 < q$).

Задача

Оценить пределы возможных изменений удельного электрического сопротивления и мощности второго горизонта для разреза, над которым были получены кривые ВЭЗ, приведенные на рис. 16.

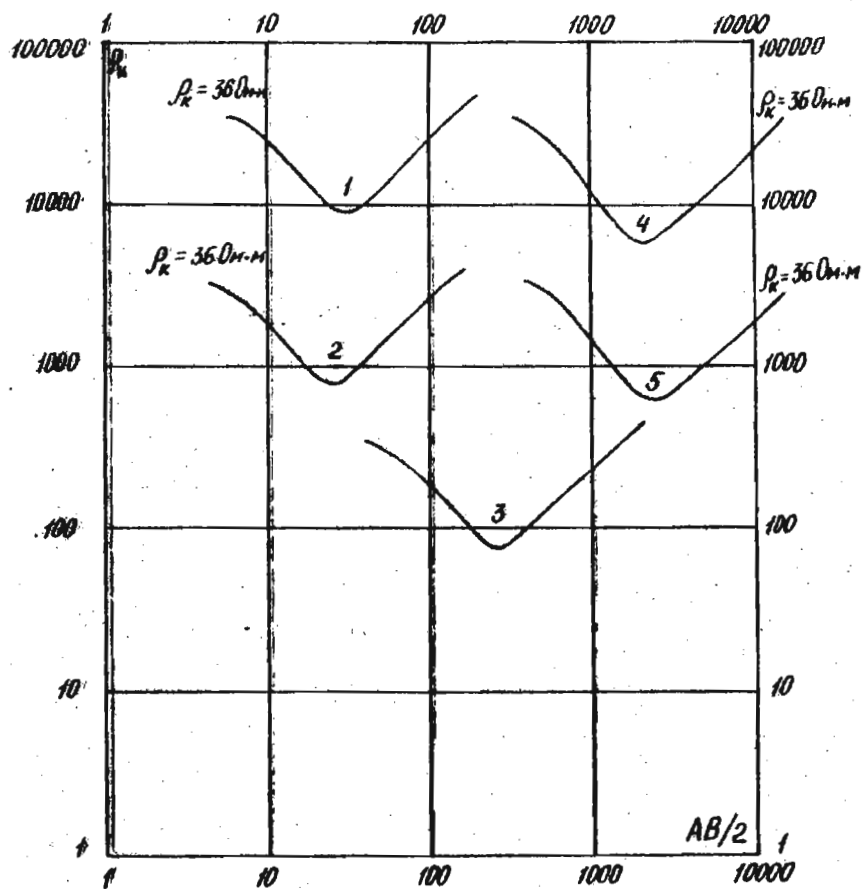


Рис. 16. Графики ρ_k ВЭЭ

§ 9. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ
с помощью палеток Пылаева

Палетки Пылаева представляют собой альбом теоретических кривых ВЭЗ, собранных в семейства таким образом, что общими для всех кривых семейства прямыми линиями являются:

- 1) для семейства кривых типа Н - линия ρ_1 (горизонтальная прямая) и линия $m_2 = h_1 + h_2$ (вертикальная прямая);
- 2) для семейств кривых типа К - линия ρ_1 и вертикальная прямая К (геометрическое место точек К);
- 3) для семейств кривых типа Q - линия ρ_2 и вертикальная прямая Q (геометрическое место точек Q);
- 4) для семейств кривых типа А - линия ρ_1 и наклонная прямая S (геометрическое место точек S) суммарной продольной проводимости первого и второго горизонтов $S = S_1 + S_2$.

На каждом из семейств нанесены кроме указанных еще несколько кривых и прямых линий:

- 1) кривая h_1 - линия мощности первого горизонта;
- 2) кривая (или прямая) $m_2 = h_1 + h_2$ - линия глубины залегания третьего горизонта;
- 3) кривая h_2 - линия мощности второго горизонта;
- 4) линии ρ_1 и ρ_2 - соответствующие удельному электрическому сопротивлению первого и второго горизонтов;
- 5) линии S_2 ; S и T - линии продольной проводимости второго горизонта, суммарной продольной проводимости второго и первого горизонтов и поперечного сопротивления второго горизонта.

Для интерпретации экспериментальной кривой ВЭЗ по палеткам Пылаева следует произвести следующие операции:

выбрать подходящее семейство кривых из альбома кривых палеток в соответствии с правилами, указанными в § 7;

совместить наилучшим образом экспериментальную кривую с одной из теоретических кривых палетки.

Далее интерпретация производится в зависимости от того, известно или нет удельное электрическое сопротивление второго горизонта ρ_2 и насколько близко оно совпадает со значением ρ_2 , принятым для семейства кривых палетки, с помощью которого производятся интерпретации. Рассмотрим три возможных случая:

I. Значение ρ_2 известно и близко совпадает со значением ρ_2 на палетке. В этом случае, совместив наилучшим образом экспериментальную кривую с одной из теоретических кривых палетки, против линии ρ_2 палетки находим на бланке с экспериментальной кривой значение, соответствующее заданному, известному удельному электрическому сопротивлению второго горизонта. Убедившись в этом, проводим интерпретацию следующим образом:

находим точку пересечения линии h_1 палетки с экспериментальной кривой и проектируем ее на линию ρ_1 палетки. Полученную точку переносим в виде креста на бланк с интерпретируемой кривой. Абсцисса этой точки соответствует мощности первого горизонта h_1 , а ордината - удельному электрическому сопротивлению первого горизонта ρ_1 ;

находим точку пересечения экспериментальной кривой ВЗЗ с линией h_2 палетки. Абсцисса этой точки соответствует мощности второго горизонта h_2 ;

находим точку пересечения экспериментальной кривой ρ_k с линией m_2 . Абсцисса этой точки соответствует глубине залегания третьего горизонта $h_1 + h_2$;

находим точку пересечения экспериментальной кривой с линиями S , S_2 или T_2 . Из этой точки проводим соответственно линии S , S_2 или T_2 под углом 45° или 135° . Пересечение этих линий с осью абсцисс на бланке с интерпретируемой кривой укажет на значение суммарной продольной проводимости первого и второго горизонтов или продольной проводимости (поперечного сопротивления) второго горизонта. Кроме указанных величин с помощью палеток Пылаева можно на бланке с экспериментальной кривой найти положение точек Н, К или Q , необходимое при интерпретации многослойных кривых (четырёхслойных в частности). Для этого следует найти точку пересечения линии S с линией К палетки (для кривых типа К), с линией Q палетки (для кривых типа Q) или с линией m_2 палетки (для кривых типа Н). Полученная точка и будет искомым точкой К, Q или Н.

II. Значение ρ_2 известно, но не совпадает с палеточным значением. В этом случае, совместив наилучшим образом экспериментальную кривую с одной из палеточных, убеждаемся, что против линии ρ_2 на нашем бланке находится значение ρ_2 , весьма далекое от заданного (известного нам). Интерпретация производится в этом случае следующим образом:

находим значения удельного электрического сопротивления и мощности первого горизонта по способу, описанному выше (§ 7);

определяем значения продольной проводимости или поперечного сопротивления второго горизонта в зависимости от типа интерпретируемой кривой (по способу, описанному в п.4, § 9);

пользуясь формулами $S'_2 = \frac{I_2}{\rho_2}$ и $T_2 = h_2 \rho_2$, находим мощность второго горизонта h_2 .

Ш. Значение ρ_2 неизвестно. В этом случае, пользуясь палетками Пылаева, можно определить продольную проводимость или поперечное сопротивление промежуточного горизонта, S_2 , T_2 , а также оценить те пределы, в которых возможно изменение мощности и удельного электрического сопротивления второго горизонта. Для этого следует тем же способом, что и при интерпретации кривых ВЭЗ с помощью палеток "ВНИИГЕОФИЗИКА" (см. § 7), оценить V и M исследуемого разреза, а также, воспользовавшись номограммами Пылаева (см. § 5), найти пределы возможных изменений мощности h_2 и удельного электрического сопротивления ρ_2 второго горизонта.

Задание

Произвести интерпретацию кривых ВЭЗ, приведенных на рис. 15, 16 и определить значения h_1 , ρ_1 , h_2 , ρ_2 для кривых рис. 15 и возможные пределы изменений h_2 и ρ_2 для кривых рис. 16.

§ 10. Интерпретация четырехслойных кривых ВЭЗ (ρ_2 и ρ_3 - известно)

Интерпретация четырехслойных кривых сводится к интерпретации двух трехслойных кривых, составляющих левую и правую части четырехслойной кривой. Интерпретация производится следующим образом.

1. При помощи двухслойной палетки интерпретируют левую ветвь четырехслойной кривой и определяют величины ρ_1 , h_1 и $M = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ (см. § 3).

2. Пренебрегая влиянием четвертого горизонта (отбросив правую ветвь четырехслойной кривой), производят интерпретацию трехслойной кривой, составляющей левую часть четырехслойной, любым из известных способов и определяют h_2 .

3. Заменяют первые два слоя слоем эквивалентным, вычисляют параметры этого слоя ρ_3 и h_3 , а затем наносят на бланк точку Н (А, К или Q в зависимости от типа разреза).

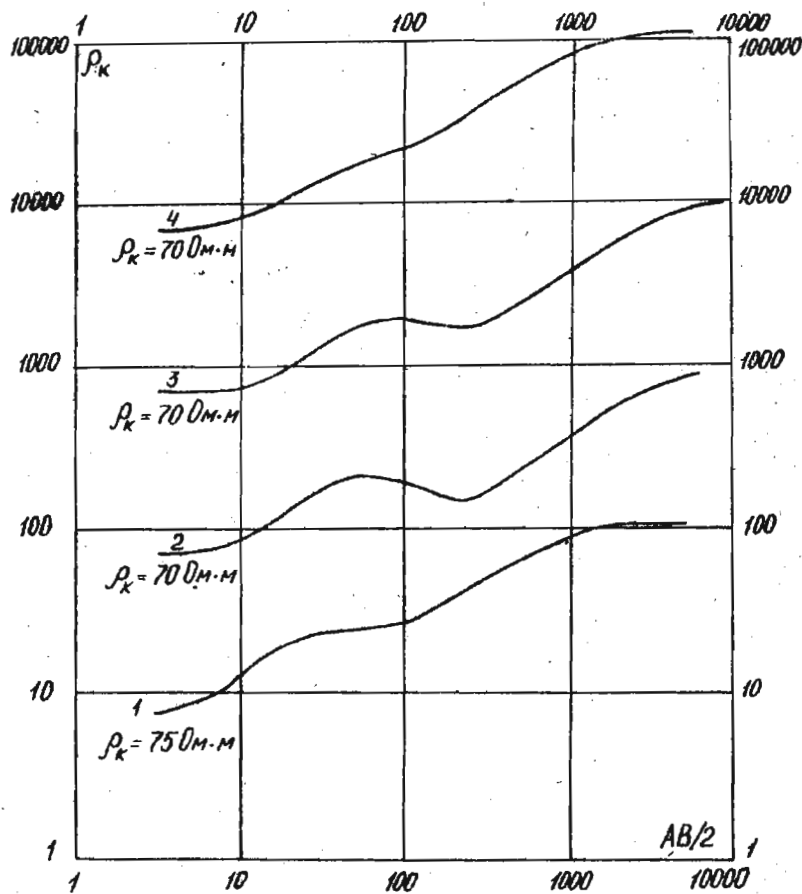


Рис. 17. Графики ρ_k ВЭЗ

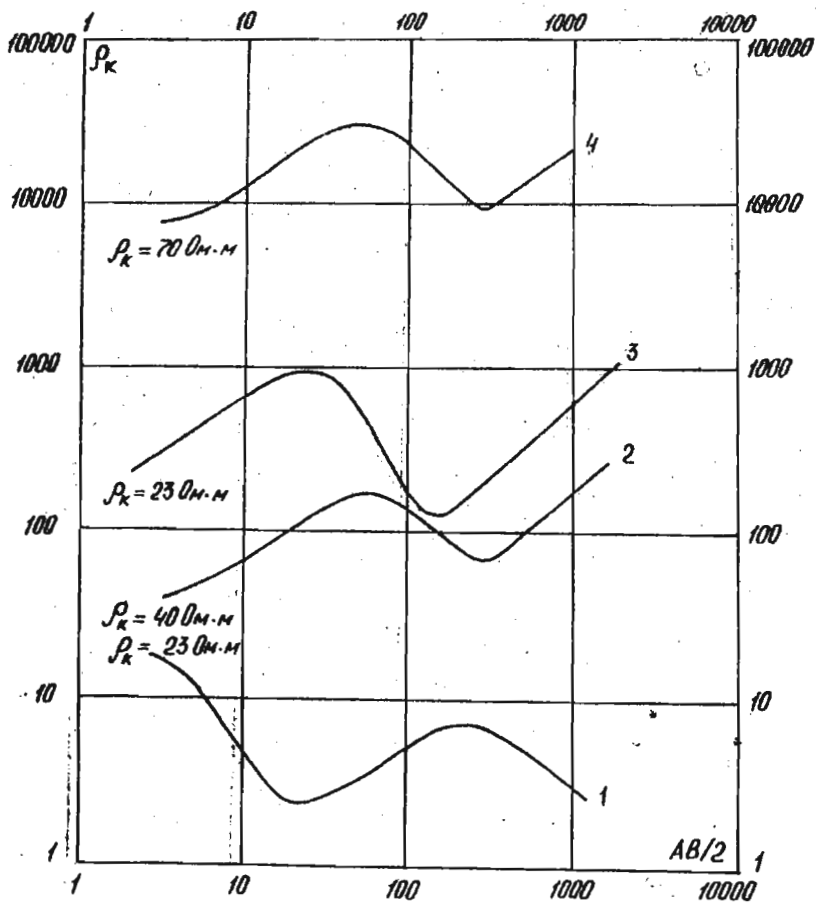


Рис. 18. Графики ρ_k ВЭС

4. Производят интерпретацию (любым из известных способов) трехслойной кривой, составляющей правую часть четырехслойной и соответствующей трехслойному разрезу с параметрами первого горизонта - ρ_2 и h_2 , второго горизонта - ρ_3 , h_3 и третьего горизонта - ρ_4 .

Примечание. Если ρ_2 и ρ_3 неизвестно, то в результате интерпретации по известным правилам можно оценить лишь пределы возможных изменений сопротивления и мощности второго и третьего горизонтов с помощью номограмм Пылаева (см. § 9).

Задание

1. Произвести интерпретацию четырехслойных кривых ВЭЗ, приведенных на рис. 17, определить значения ρ_1 , h_1 , h_2 , h_3 и h_4 . Построить геоэлектрический разрез вдоль линии профиля, на котором производились зондирования, учитывая, что расстояния между точками зондирования составляют 50 м.

2. Допустив, что ρ_2 и ρ_3 - неизвестны, оценить пределы возможных изменений h_2 и h_3 по номограммам Пылаева (рис. 10-19) рассчитанными ранее (задание 1).

3. Произвести интерпретацию четырехслойных кривых ВЭЗ, приведенных на рис. 18 (ρ_2, ρ_3 - неизвестны).

§ II. Качественная интерпретация кривых ВЭЗ

Интерпретация кривых ВЭЗ методом S

В практике геофизических работ часто встречаются случаи, когда в основании разреза залегают высокоомные образования, удельное электрическое сопротивление которых во много раз превышает удельное электрическое сопротивление перекрывающей толщи и может быть практически принято стремящимся к бесконечности. В этом случае правые ветви кривых ВЭЗ, проведенного над подобными разрезами, стремятся асимптотически к прямой, идущей под углом 45° к оси абсцисс (см. рис. 1-5).

Для разреза такого типа можно определить по кривым ВЭЗ суммарную продольную проводимость надпорной толщи S следующим образом:

правую ветвь кривой ВЭЗ, идущую под углом 45° , продолжают до пересечения с осью абсцисс (до уровня, где $\rho_k = 1$);

на ось абсцисс ($\rho_k = 1$) в точке, где происходит пересечение с линией, продолжающей под углом 45° правую асимптотическую ветвь кривой ВЭЗ, находим значение, соответствующее величине S надпорного горизонта.

Задание

1. Определить значение суммарной продольной проводимости надпорной толщи S для всех точек ВЭЗ вдоль профилей I-V (рис. 19 а-д). Расстояние между точками ВЭЗ - 100 м, между профилями - 100 м.

2. Зная по данным бурения мощности надпорной толщи в точках ВЭЗ № 1 ($H = 275$ м), № 9 ($H = 300$ м) и № 17 ($H = 320$ м), определить продольную проводимость ρ_e на участке исследования.

3. Рассчитать мощность надпорной толщи H для точек ВЭЗ, исходя из формулы:

$$S = \frac{H}{\rho_e}.$$

Построить карту изогипс опорной толщи в масштабе 1:100000 для участка исследования.

4. Определить значение суммарной продольной проводимости надпорной толщи для всех точек ВЭЗ вдоль разведочной линии АВ (рис. 20).

5. Зная по данным каротажа удельное электрическое сопротивление надпорной толщи для точки зондирования ВЭЗ № 4 ($\rho_{cp} = 100$ омы) рассчитать мощность этой толщи в точках ВЭЗ № 1-6, принимая $\rho_{cp} = \rho_e$.

6. Построить геоэлектрический разрез вдоль линии АВ.

Построение разрезов ρ_k

Одним из способов качественной интерпретации кривых ВЭЗ является построение разрезов кажущихся сопротивлений для профилей, вдоль которых проводились электрические зондирования.

Для построения такого разреза по данным ВЭЗ следует в выбранном масштабе (линейном) отметить вдоль горизонтальной линии точки зондирования, а вдоль вертикальной оси - значения $\frac{AB}{2}$ в метрах (вертикальный масштаб обычно выбирается логарифмическим, иногда - линейным).

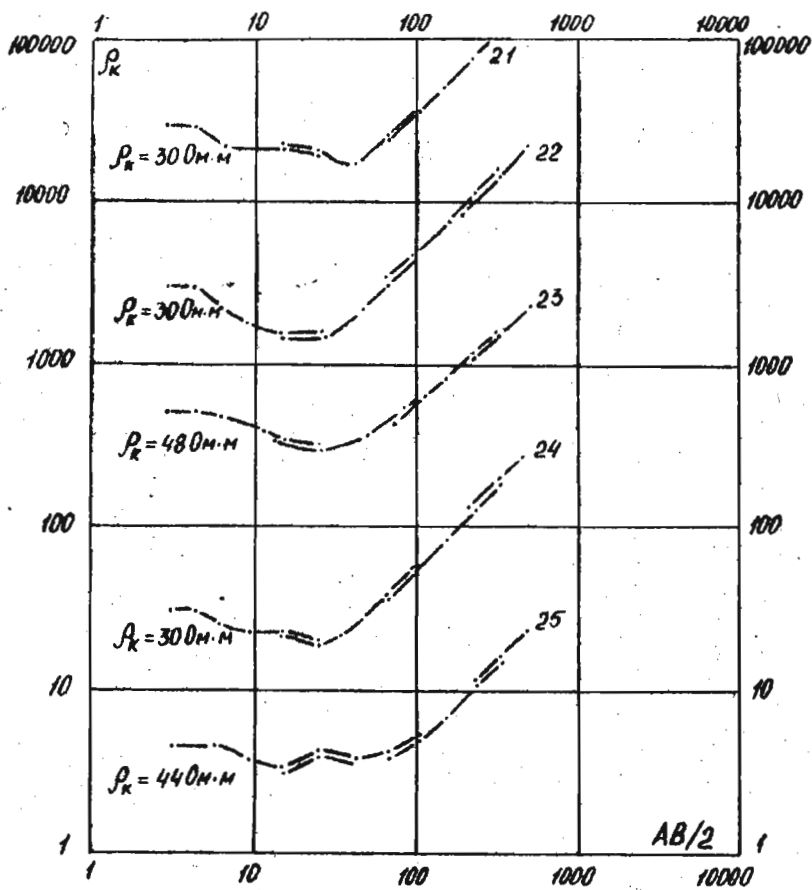


Рис. 19, а

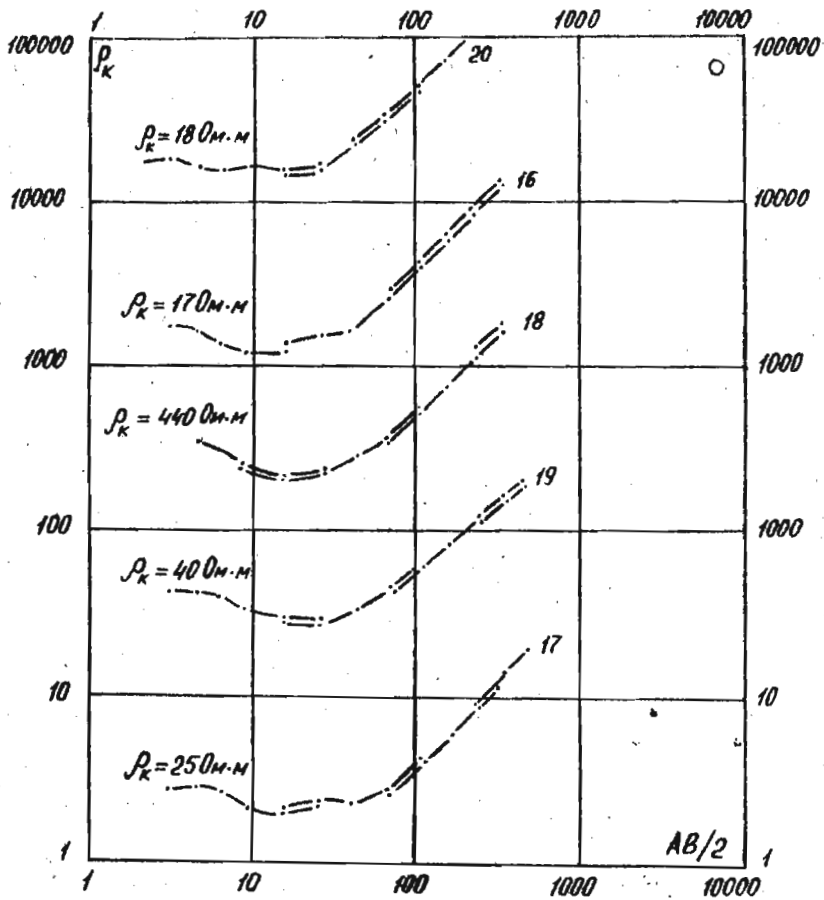


Рис. 19,6

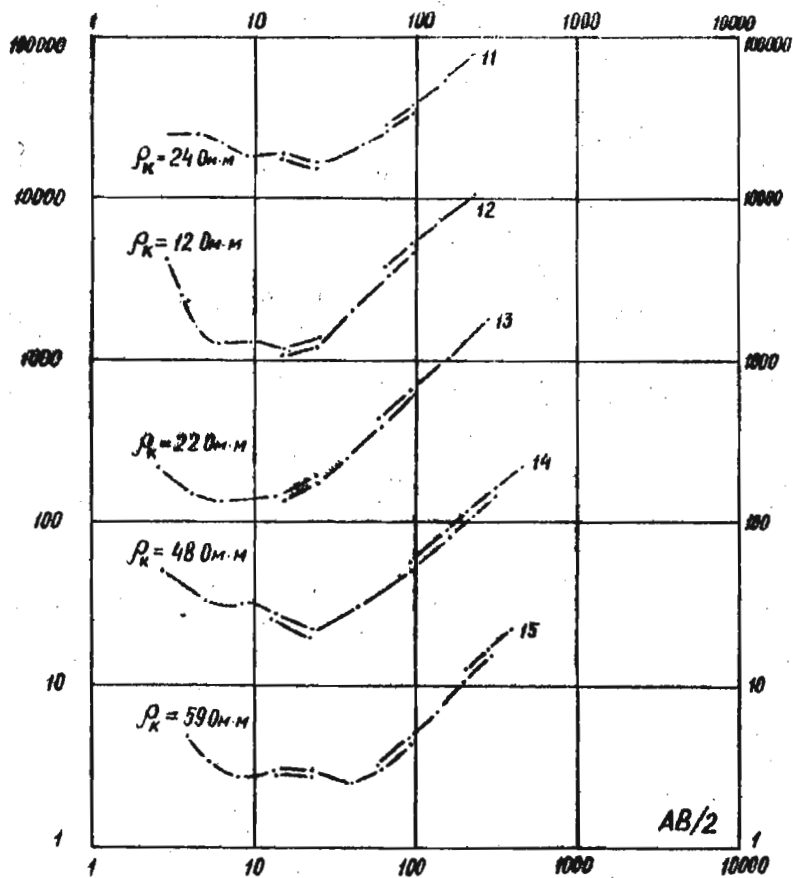


Рис. 19, в

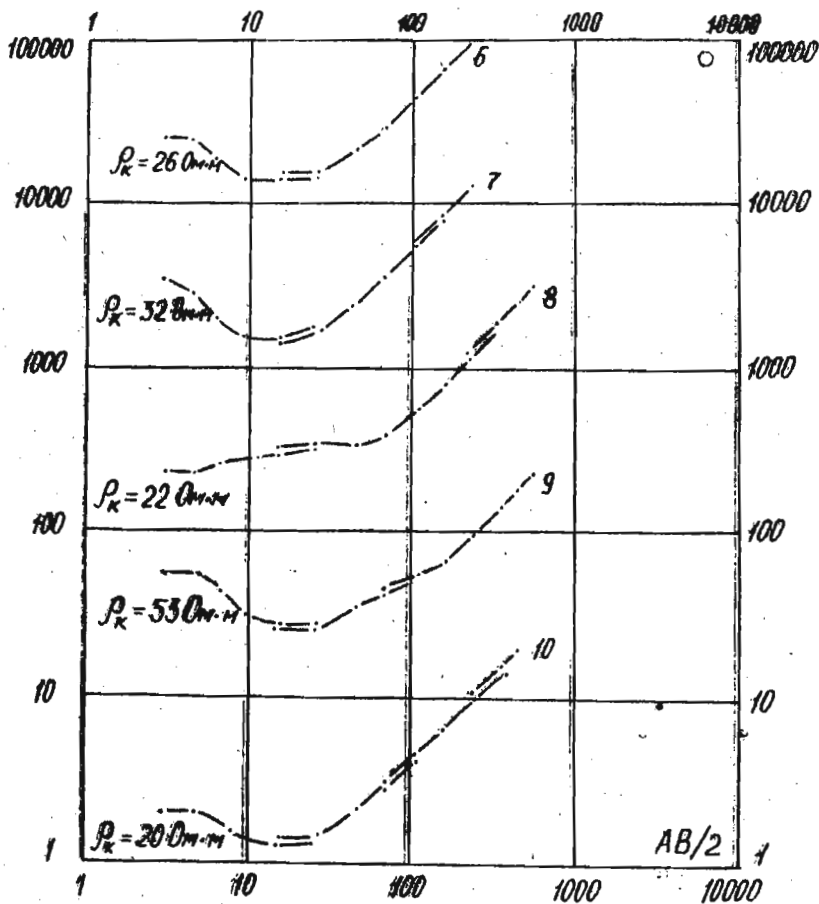


Рис. 19, в

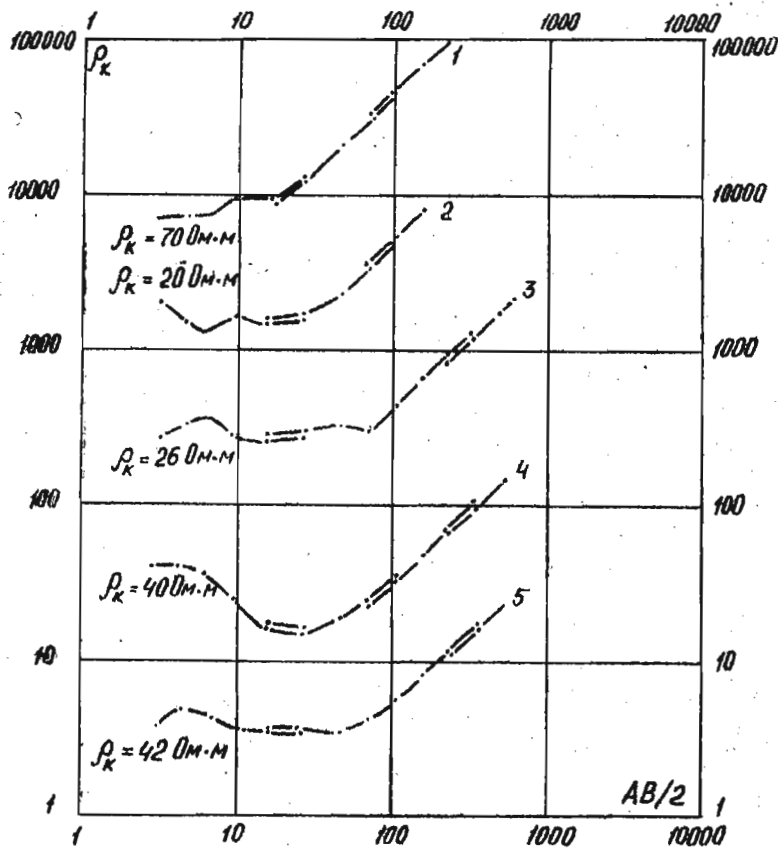


Рис. 19, д. Графики ρ_k ВЭС

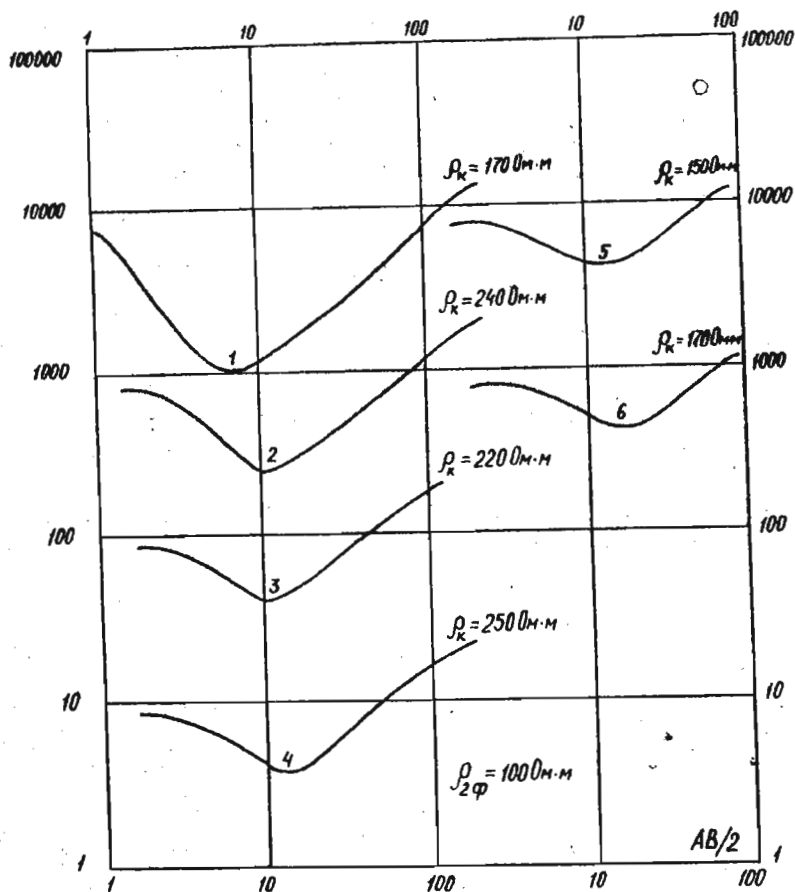


Рис. 20. Графики ρ_k ВЭЗ

Для каждой точки зондирования против ординаты, соответствующей определенному разнесу $\frac{AB}{2}$, следует нанести значения ρ_k , а затем провести изолинии ρ_k . По сгущению и разряжению изолиний можно выяснить положение хорошо проводящих объектов и высокоомных пород и, таким образом, качественно охарактеризовать геоэлектрический разрез.

Задание

Построить разрез кажущихся сопротивлений для линии А-В, вдоль которой проводились вертикальные электрические зондирования в точках 1-8, отстоящих друг от друга на расстоянии 150 м. Кривые ВЭЗ № 1-8 представлены на рис. 21.

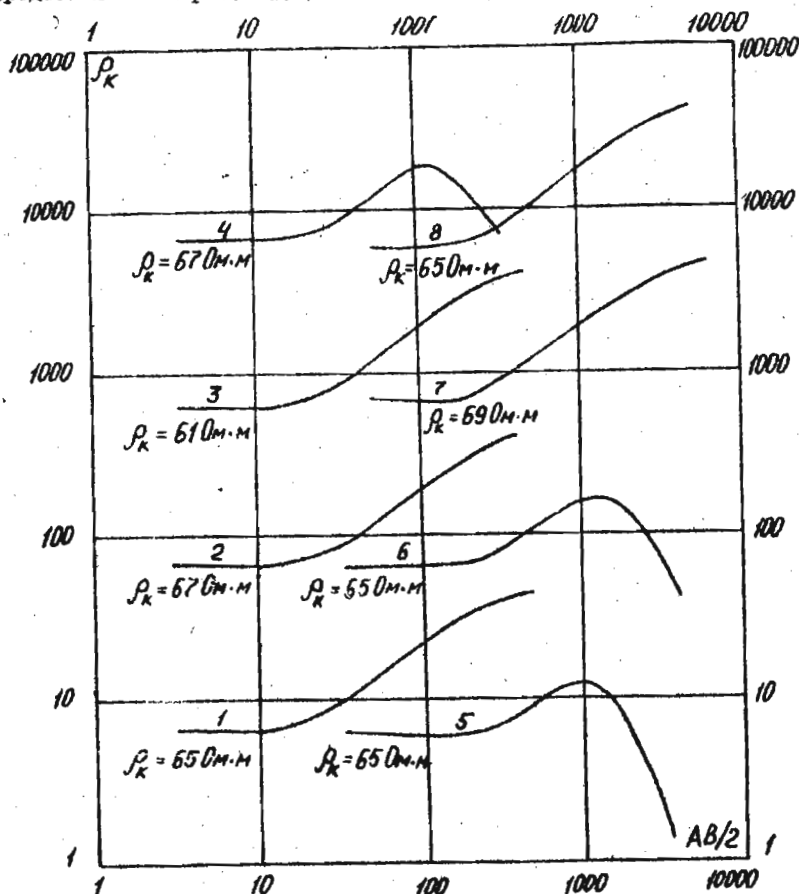


Рис. 21. Графики ρ_k ВЭЗ

IV. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В МЕТОДЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Интерпретация результатов полевых наблюдений в методе естественного поля сводится в основном к качественным оценкам местоположения и формы объекта и некоторым количественным расчетам, целью которых, как правило, является определение глубины залегания вызвавшего аномалию объекта.

Порядок работы при этом следующий:

1. На картах эквипотенциальных линий и картах графиков потенциала ЕП выделяются аномальные участки.

2. По расположению и форме изолиний потенциала ЕП и графиков потенциала устанавливается местоположение объекта, вызвавшего аномалию, и производится суждение о форме тела.

3. Определяются глубина залегания объекта одним из известных способов. Например, для сферической залежи глубину залегания до центра можно определить следующими способами:

а) по длине хорды q , соединяющей те точки графика потенциала ЕП (U), где величина U достигает 0,5 от максимального значения,

$$h = 0,65 q;$$

б) по значению параметра m (см. рис. 22)

$$h = 0,86 m,$$

где m - отрезок в метрах, отсекаемый на линии профиля касательной, проведенной через точку перегиба на графике U_{EP} , и перпендикуляром, восстановленным на линию профиля из точки пересечения той же касательной и линии, параллельной профилю, проведенной через точку максимума U_{EP} ;

в) по скорости убывания потенциала на графике U_{EP} .

Для этого следует определить величины X_1, X_2, X_3, X_4 - расстояния от нулевой точки, соответствующей положению максимума U_{EP} до точек, где величина U_{EP} достигает соответственно 0,715, 0,355, 0,172, 0,084 от максимального значения:

$$X_1 = 0,5h; X_2 = h; X_3 = 1,5h; X_4 = 2h;$$

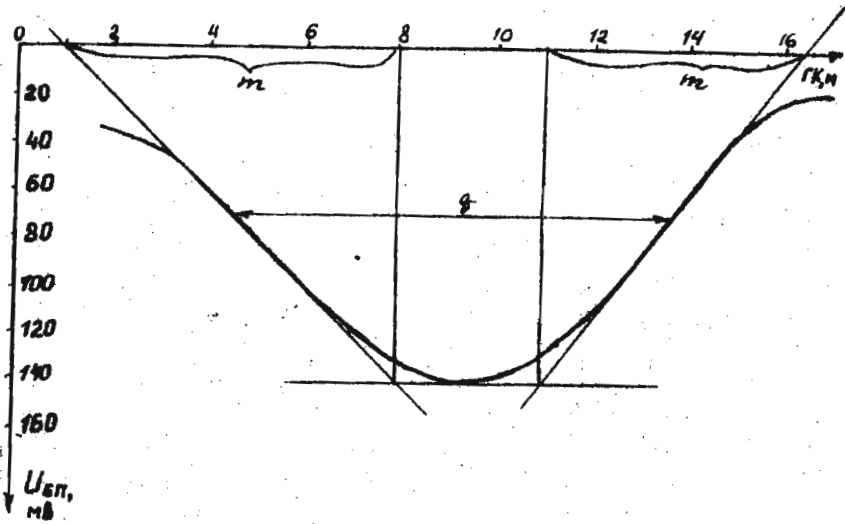


Рис. 22. Нахождение параметров q и m по графикам $U_{гп}$ г) с помощью логарифмической палетки (рис. 23)

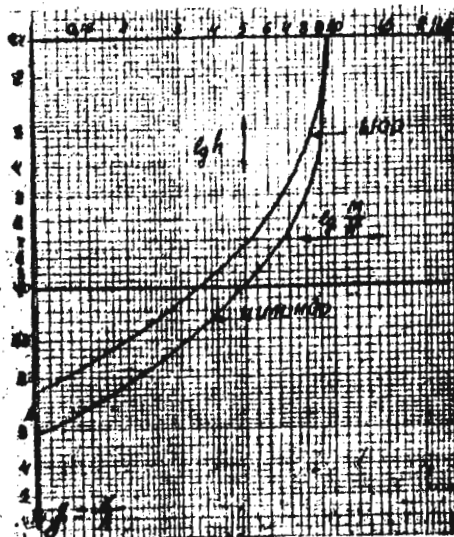


рис. 23. Логарифмическая палетка для нахождения h по графикам $U_{гп}$

Для определения h с помощью палетки следует:
 построить график U_{EP} в двойном логарифмическом масштабе,
 откладывая U_{EP} по оси абсцисс, а расстояние от точки минимума в
 метрах по оси ординат;

наложить график на логарифмическую палетку, добиваясь наилучшего
 совмещения, и по значению, отсекаемому на оси ординат графика гори-
 зонтальной линией палетки ($U_{EP} = 1$), определить h .

Задание

1. Определить глубину залегания изометрической залежи по графикам
 потенциала U_{EP} всеми способами, описанными выше (рис. 24)

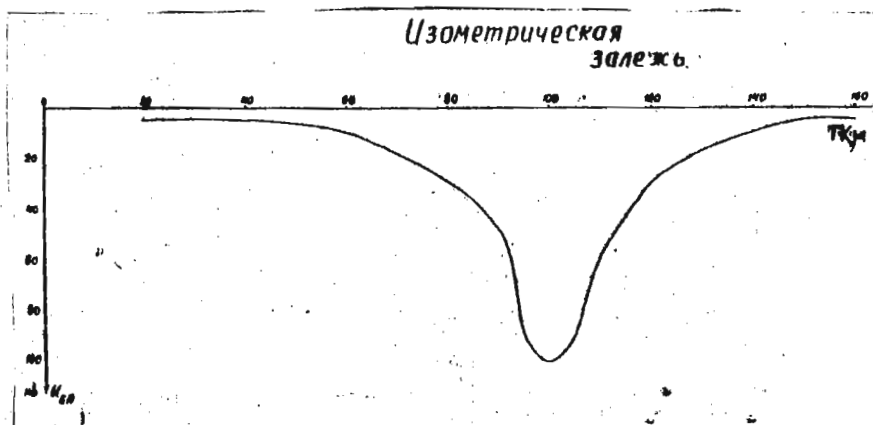


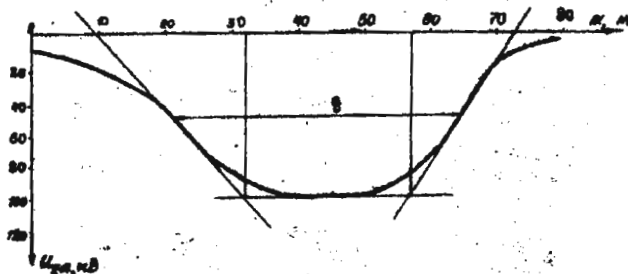
Рис. 24. График потенциала естественного электрического
 поля U_{EP} над изометрической залежью

2. Определить h глубину залегания мощного пласта и линзы,
 вытянутой по простиранию, по параметрам q и m (рис. 25), пользуясь формулами:

для пласта $h = 0,4q$; $h = 0,55m$;

для линзы $h = 0,5q$; $h = 0,6m$.

Мощный пласт



Линза, вытянутая по простирию

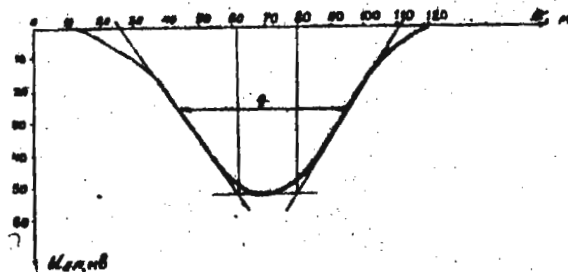


Рис. 25. График потенциала естественного электрического поля $U_{\text{еп}}$ над мощным пластом и линзой

7. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В МЕТОДЕ ЗАРЯЖЕННОГО ТЕЛА

Метод заряженного тела (МЗТ) основан на изучении потенциала или градиента потенциала постоянного (или низкочастотного) поля, создаваемого точечным источником, заземленным в скважине или горной выработке. Метод применяется для прослеживания и оконтуривания ранее выявленных хорошо проводящих рудных объектов, а также для решения гидрогеологических задач.

§ 12. МЗТ на рудных объектах

Интерпретация результатов полевых наблюдений производится, как правило, в два этапа.

На первом этапе производится качественная интерпретация, заключающаяся в определении местоположения и контуров рудного тела. При этом: 1) внимательно исследуется план изолиний и выделяется аномальная часть поля. За нормальное поле принимается поле точечного источника в данных геоэлектрических условиях, т.е. планы изолиний, полученные при заряде в нерудные скважины; 2) определяются местоположение и контуры тела по форме изолиний, сгущению их вблизи контакта с окружающей средой или максимумам градиента потенциала, наблюдаемым над краями тел, ширина которых превышает глубину залегания верхней кромки; 3) отмечается проекция проводника на дневную поверхность по протяженности (большой оси) изолиний, максимумам потенциала или нулевым значениям градиента потенциала на поперечных профилях; 4) по симметрии или асимметрии графиков градиентов потенциала производится суждение о крутом или пологом падении тел. (Падение пластов направлено в сторону меньших по величине и более плавных экстремумов на графиках потенциала).

На втором этапе оценивается глубина залегания рудной залежи h . Глубина залегания верхней кромки определяется по формулам, полученным для идеализированных условий и в реальных условиях оказывается приближенной. Наиболее распространены способы определения глубины залегания по параметру m или по положению экстремумов градиента потенциала.

I. Определение глубины залегания h по расстоянию между экстремумом градиента потенциала. Положение экстремумов градиента потенциала можно определять из формул для напряженности электрического поля

$E = - \frac{\partial U}{\partial r}$ при условии $\frac{\partial E}{\partial r} = 0$. Для сферического проводника в этом случае справедливо выражение: $h = 0,7L$, где L - расстояние между экстремумами на графике градиента потенциала (рис. 26).

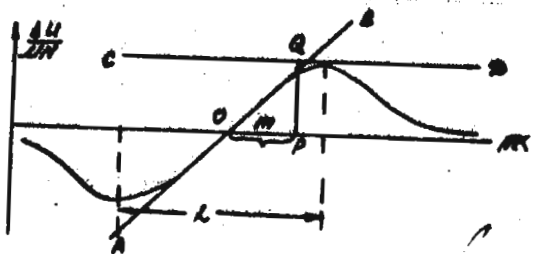


Рис. 26. К определению глубины залегания h по графикам градиента потенциала в методе заряженного тела.

Для линейного однороднозаряженного проводника формула приобретает вид $h = 0,5L$. Для пластообразных тел: $h = (0,4 + 0,9) L$, где коэффициент 0,4 принимается в случае мощного пласта, а коэффициент 0,9 - для тонких пластов.

2. Определение глубины залегания h по параметру m .

Под параметром m понимается расстояние в метрах, которое откладывается на линии профиля, если на графике градиента потенциала провести касательную в точке перегиба (AB), затем из точки максимума (или из точки минимума) провести линию параллельную оси абсцисс (линии профиля), (CD), а из точки их пересечения Q (см. рис. 26) опустить на линию профиля перпендикуляр. Расстояние m получается как катет треугольника OQP, лежащий на линии профиля.

Для сферических тел справедливо соотношение $h = 2,5 m$, для линейных однороднозаряженных проводников - $h = 2 m$. Для пластообразных тел глубина залегания определяется по формуле:

$h = d m$, где $0,9 < d < 1,3$; $d = 0,9$ - принимается для мощных пластов, а $d = 1,3$ - для тонких пластов.

Задание

1. Ознакомиться со способами качественной интерпретации данных полевых наблюдений в методе заряженного тела и о приемах определения глубины залегания верхней кромки тела h .

2. Определить глубину залегания выявленного объекта, при работах методом заряженного тела, произвести суждение о предполагаемой форме тела на основании графиков, предлагаемых для интерпретации, и используя вышеприведенные формулы (рис. 27, 28).

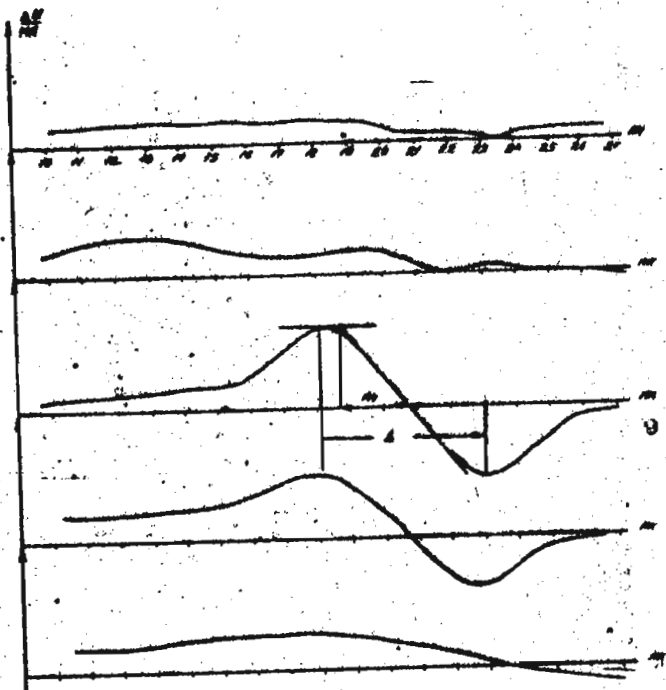


Рис. 27. Графики градиента потенциала заряженного тела над изометрическим проводником

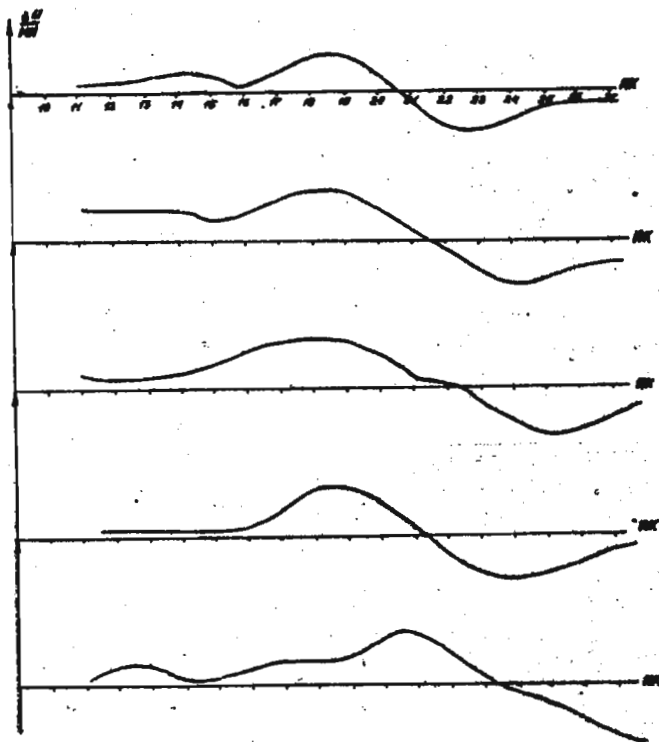


Рис. 28. Графики градиента потенциала заряженного тела над вытянутым проводником

§ 13. МЭТ на гидрогеологических объектах

Гидрогеологический вариант метода предназначен для определения направления и скорости движения подземных вод при наличии одной скважины. Данные полевых наблюдений в этом случае представляются в виде плана изолиний потенциала, полученного в результате измерений вдоль лучевых профилей над скважиной, в которую до водоносного горизонта опущен один из питающих электродов с электролитом. Пример плана изолиний показан на рис. 29.

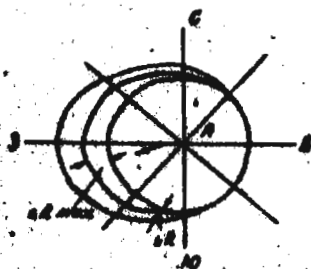


Рис. 29. План изолиний потенциала над засоленной скважиной

Определение направления движения подземного потока и его скорости производится следующим образом:

Г. Определяется по плану изолиний направление (азимут) максимального смещения изолиний. Для этого можно построить график, по оси абсцисс которого откладывается азимут в градусах, а по оси ординат — приращение радиусов изолиний в метрах (ΔR) по отношению к исходной азимуту, наблюдаемой непосредственно после засоления скважины и представляющей собой, как правило, фигуру, близкую к окружности. Число кривых ΔR соответствует числу наблюдаемых изолиний. Примером таких графиков служит рис. 30. Азимут направления движения подземного потока определяется как средняя абсцисса для максимумов кривых

ΔR

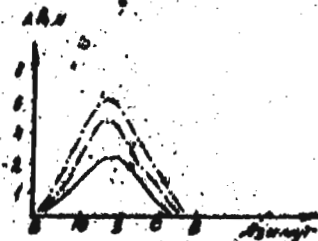


Рис. 30. Графики смещения изолиний ΔR в зависимости от азимута наблюдений.

2. Определяется скорость движения подземного потока. Для этого вычисляется отношение $v = \frac{\Delta R_{max}}{\Delta t}$, где ΔR - максимальное смещение изолинии по направлению потока, а Δt - время, за которое это смещение произошло. Среднее значение v можно получить, построив график зависимости ΔR_{max} от времени t . При малых временах ΔR_{max} меняется в зависимости от времени нелинейно, возрастая с увеличением t , что объясняется постепенностью растворения соли в воде. При больших временах график зависимости ΔR от времени выходит на линейную асимптоту, соответствующую скорости переноса засоленной области потоком подземных вод. Эту часть графика и используют для расчета скорости по формуле $v = \frac{\Delta R}{\Delta t}$ (см. рис. 31).

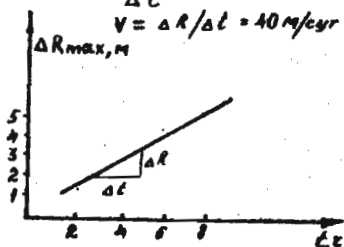


Рис. 31. Определение скорости движения подземного потока по смещению изолиний потенциала над засоленной скважиной

Задание

Провести интерпретацию результатов полевых наблюдений методом заряженного тела над засоленной скважиной, представленных в виде плана изолиний рис. 32, определив в соответствии с вышеизложенными правилами направление движения подземного потока и скорость движения подземного потока.

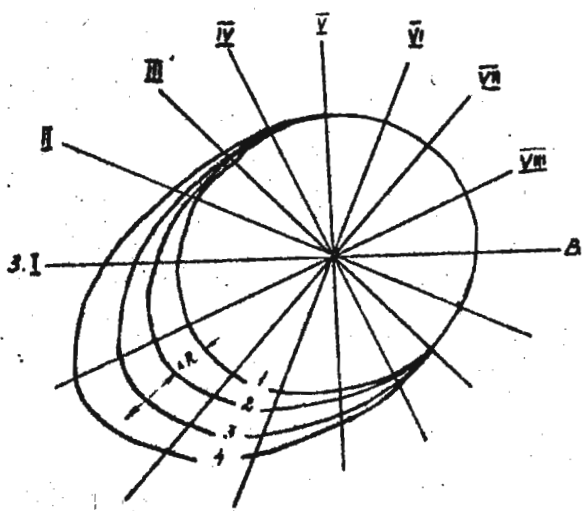


Рис. 32. План изолиний

VI. ПОВЕРХНОСТНАЯ И ОБЪЕМНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ РУДНЫХ ТЕЛ,
ИМЕЮЩИХ ИЗОМЕТРИЧЕСКУЮ ФОРМУ (МЕТОД ВЫЗВАННОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИИ (ВП))

Потенциал поля ВП от электронно-проводящей сферы, помещенной в однородное электрическое поле E_0 , в случае поверхностной поляризации тела может быть представлен в виде:

$$U_{ВП} = \frac{3\lambda^2 a^2}{(2\sigma_1 + \sigma_2)(2\sigma_1 + \sigma_2 + 2\frac{\lambda}{a})} E_0 \frac{\cos\theta}{r^2}, \quad (I)$$

где λ - коэффициент поверхностной поляризации сферы; σ_1 - проводимость вмещающей среды; σ_2 - проводимость сферического тела; a - радиус сферы, θ, r - координаты сферической системы.

Для сплошных рудных тел, поляризующихся в основном поверхностно, можно принять $\sigma_2 \gg \sigma_1$. В этом случае формула (I) упрощается:

$$U_{ВП} = \frac{3\lambda}{1 + 2\frac{\lambda}{a}} a^2 E_0 \frac{\cos\theta}{r^2}. \quad (2)$$

Потенциал поля ВП объемно поляризованного шара в поле точечного источника характеризуется выражением

$$U_{ВП} = \frac{y}{2\pi\sigma_1} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\eta^{2n}}{2n+1-\eta^{2n}} \cdot \frac{a^{2n+1}}{r^{n+1}d^{n+1}} P_n \quad (3)$$

где η^* - кажущаяся поляризуемость; d - расстояние до точки наблюдения; y - поляризующий ток; P_n - полином Лежандра n -го порядка 1-го рода.

При достаточном удалении от источника, выражение (3) упрощается:

$$U_{ВП} = \frac{\eta^*}{3-\eta^*} a^3 E_0 \frac{\cos\theta}{r^2}. \quad (4)$$

Из формул (2) и (4) видно, что как в случае поверхностной, так и в случае объемной поляризации, форма графиков распределения $U_{ВП}$ одинакова, но интенсивность аномалий и их связь с размерами тела различны.

В случае поверхностной поляризации аномальное поле $U_{\text{вп}}$ прямо пропорционально коэффициенту поверхностной поляризации λ и поверхности тела. В случае объемной поляризации тела аномальное поле $U_{\text{вп}}$ пропорционально поляризуемости тела η^* и его объему.

Для тел одинакового радиуса a , расположенных в поле одного и того же источника на одной и той же глубине h , отношение аномальной $U_{\text{вп}}$ над сплошным рудным телом и вкрапленным составляет

$$N = \frac{3 \frac{\lambda}{a}}{1 + 2 \frac{\lambda}{a}} \cdot \frac{3 \eta^*}{\eta^*} \quad (5)$$

Если $N > 1$, то аномалия от сплошного рудного тела больше, чем аномалия от вкрапленного, если $N < 1$, то наоборот, вкрапленное рудное тело создает больший аномальный эффект, чем сплошное. Анализируя выражение (5) для различных значений λ и η^* , можно оценить, для каких размеров изометрических рудных тел поиски сплошных проводящих объектов (сульфидных тел с помощью метода ВП) более эффективны, чем поиски вкрапленников и, соответственно, начиная с каких размеров рудных тел поиски вкрапленных объектов методом ВП в данном районе становятся более эффективными, чем поиски сплошных тел.

Задание

1. Построить график зависимости $N = \frac{U_{\text{вп}}^2}{U_{\text{вп}} \lambda}$ от λ для значений:

- а) $\lambda = 100$ см; $\eta^* = 40\%$;
- б) $\lambda = 100$ см; $\eta^* = 15\%$;
- в) $\lambda = 30$ см; $\eta^* = 20\%$.

2. Проанализировать полученные графики.

УП. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В МЕТОДЕ ВП

§ 14. Расчет кажущейся поляризуемости

В конце 50-х годов был разработан и применен способ расчета полей вызванной поляризации для случаев объемно поляризованных тел, в котором использовались ранее известные решения задач о проводящих телах и средах в поле постоянного тока. Согласно предложенному способу, можно для определения полей ВП использовать формулы и результаты решения прямых задач электроразведки для непольризующихся сред, заме-

нив удельное электрическое сопротивление ρ фиктивной величиной $\rho^* = \frac{\rho}{1-\eta}$, где η - поляризуемость среды.

В соответствии с этим при решении прямых задач метода вызванной поляризации используется приближенное соотношение:

$$\eta_k \approx \frac{1}{\rho_k} \sum_{i=1}^m \eta_i \rho_i \frac{\partial \rho_k}{\partial \rho_i},$$

позволяющее определять η_k сложного разреза, если известно выражение для ρ_k этого разреза и заданы значения поляризуемостей и удельных сопротивлений отдельных пластов, слагающих разрез.

В случае двух сред ($m = 2$), различающихся по поляризуемости, но не различающихся по электропроводности, формула упрощается:

$$\eta_k = \eta_1 + (1 - \eta_1) \frac{\frac{\rho_k}{\rho_1} - 1}{\frac{\rho_k}{\rho_1}},$$

где ρ_k - кажущееся удельное сопротивление; ρ_1 и η_1 - удельное электрическое сопротивление и поляризуемость первой среды.

На основании этой формулы можно рассчитать значения кажущейся поляризуемости для горизонтально-слоистого разреза, представленного горизонтальным пластом, подстилаемым полубесконечной однородной средой (т.е. двустойные кривые ВЗЗ-ВН).

Это соотношение является формальным и не отражает связи между ρ_k и η_k , наблюдаемыми при работах методом ВП, поскольку природа аномалий ρ_k и η_k различна. Однако оно дает возможность сопоставить аномалии в средах, характеризующихся одинаковой электропроводностью, но разных по поляризуемости, со средами неполяризуемыми, различными по своим удельным электрическим сопротивлениям, и перенести на поляризующиеся среды приемы, разработанные в теории электроразведки для неполяризующихся сред.

Задание

Рассчитать теоретические графики кажущейся поляризуемости для профилирования градиент-установкой над контактом двух сред, используя в качестве исходных теоретические графики ρ_k и формулу пересчета

$$\frac{\eta_k - \eta_1}{\eta_2 - \eta_1} = \frac{\rho_1}{\rho_k} (1 - K_{12}^B) \left[\frac{\rho_k}{\rho_1} - 1 \right] K_{12} = \frac{1}{2}$$

или

$$\eta_K = \eta_1 + (\eta_2 - \eta_1) \frac{\rho_1}{\rho_K} (1 - K_{12}^2) \left[\frac{\rho_K}{\rho_1} - 1 \right] K_{12} - \frac{1}{2}$$

для значений: $\rho_1 = 900 \text{ Ом м}$; $\rho_2 = 300 \text{ Ом м}$; $\eta_1 = 1\%$; $\eta_2 = 11\%$.

Примечание. Для вычисления η_K достаточно знать значение $\frac{\rho_K}{\rho_1}$, соответствующее заданному коэффициенту отражения и $\frac{\rho_K}{\rho_1}$, соответствующее $K_{12} = \frac{1}{2}$, чтобы вычислить $\left[\frac{\rho_K}{\rho_1} - 1 \right] K_{12} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$.

Приложение. Графики ρ_K над контактом $\rho_1 = 900 \text{ Ом м}$, $\rho_2 = 300 \text{ Ом м}$. (рис. 33).

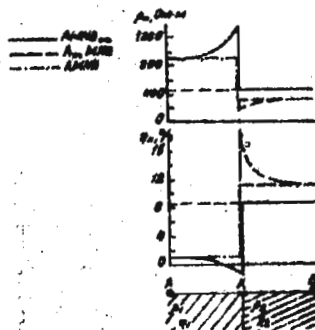


рис. 33. Теоретические графики ρ_K над контактом пород, различных по удельному электрическому сопротивлению ($\rho_1 = 900 \text{ Ом м}$, $\rho_2 = 300 \text{ Ом м}$).

§ 15. Способы интерпретации результатов полевых наблюдений в методе ВП

Интерпретация результатов полевых наблюдений в методе ВП начинается с выделения аномальных зон кажущейся поляризуемости на фоне низкой поляризуемости "пустых" вмещающих пород.

Выделяются региональные аномалии ВП, соответствующие повышенному содержанию электропроводящих минералов во вмещающих горных породах, т.е. пиритизированным, пирротинизированным, графитизированным зонам

значительной протяженности, и локальные аномалии, отмечающие рудные зоны.

Анализируя локальные аномалии, интерпретатор делает заключение о следующем: форме объекта, вызвавшего аномалию; его размерах; глубине залегания тела; элементах залегания тела; поляризуемости тела; электропроводности; содержании электропроводящих минералов в теле.

Рассмотрим способы определения этих характеристик по данным работы с установкой среднего градиента (с неподвижными питающими электродами).

1. Определение формы тела. Предположение о форме поляризуемого тела можно высказать на основании анализа формы графиков распределения ζ_k и ρ_k и протяженности аномалии в плане. При анализе сравниваются теоретические графики ζ_k и ρ_k над телами правильной геометрической формы с полевыми графиками и определяется протяженность вызвавшего аномалию объекта по карте графиков. После сравнения высказывается предположение о форме тела (изометрической, эллипсообразной, пластовой и т.д.). Примеры теоретических графиков ρ_k и ζ_k приведены на рис. 34.

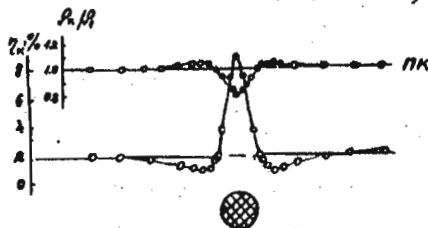


Рис. 34. Теоретические графики ρ_k над контактом пород, различных по удельному электрическому сопротивлению ($\rho_1 = 900 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\rho_2 = 300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)

2. Определение горизонтальных размеров локальных тел. Для оценки горизонтальных размеров локальных тел привлекают наблюдаемые графики распределения ζ_k и ρ_k по профилю.

Границы тел отмечаются перегибами графиков ζ_k , а в случае, когда ширина тела превышает глубину его залегания, ширина тела приравняется ширине аномалии.

3. Определение глубины залегания тела. Для определения глубины залегания тела применяются приемы, основанные на сопоставлении характерных черт графиков ζ_k и расположения питающего электрода. Так, для изометрических тел при интерпретации используется установленный факт, что максимум аномалии кажущейся поляризуемости и центр шарообразного тела находятся примерно на равном расстоянии от источника поляризующего тела.

На основании этого определения глубины до центра изометрического тела можно провести по графикам ζ_k , полученным при двух положениях источника тока (рис. 35). Как явствует из рисунка, следует из обеих точек на профиле, отмечаящих расположение на нем питающих электродов, провести дуги с радиусом, равным расстоянию до соответствующего максимума ζ_k . Точка пересечения этих дуг отметит центр поляризованного изометрического тела. Если же электрод находится над центром шарообразного тела, то для определения глубины до центра тела достаточно измерить расстояние между питающим электродом и максимумом ζ_k .

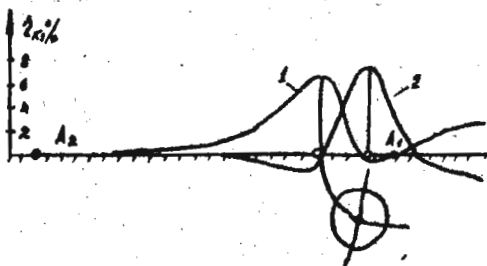


Рис. 35. К определению глубины залегания центра изометрической залежи по графикам ζ_k

Подобные же приемы применяют и для определения глубины залегания тел другой формы.

4. Определение элементов залегания тел. Оценка элементов залегания производится по асимметрии графиков ζ_k . Над наклонными телами, расположенными в центральной части питающей установки более глубокий минимум ζ_k и крутой подъем наблюдаются в сторону восстания тела, а максимум ζ_k несколько смещен в направлении его падения (следует от-

метить, что в случае несимметричного положения тела относительно питающих электродов более крутая ветвь графика расположена со стороны ближайшего питающего электрода).

По графикам ζ_k , полученным при расположении питающего электрода над телом, определение падения тела на основании асимметрии кривых ζ_k производится более уверенно. Если тело падает вертикально или расположено горизонтально, ветви графиков ζ_k по обе стороны от питающего электрода симметричны. В случае наклонного падения тела более интенсивный и резкий максимум расположен по восстанию тела. Более пологий и медленно затухающий максимум расположен в направлении падения тела.

5. Определение поляризуемости тел. Если удастся оценить форму, размеры и глубину залегания тела, то его избыточную поляризуемость можно вычислить по формуле:

$$\zeta_{изб} = \zeta_1 - \zeta_2 = \zeta_{ан} \left(\frac{h}{a}\right)^n,$$

где ζ_1 - поляризуемость тела; ζ_2 - поляризуемость рудовмещающих пород; $\zeta_{ан}$ - максимальное аномальное значение ζ_k ; h - глубина центра тела; a - радиус тела или половина мощности; $3 < n < 0$ (для шара $n = 3$; для горизонтального кругового цилиндра $n = 2$; для горизонтального пласта $n = 1$).

В случае крутопадающего пласта большой протяженности по падению и при соотношении удельных сопротивлений тела и вмещающей среды $\rho_2 = \rho_1 \cdot \zeta_{изб} = \zeta_{ан} \frac{\rho}{\alpha}$, где α - угол между лучами, проведенными из точки наблюдения над серединой пласта к его верхним углам.

6. Оценка электропроводности. Оценка электропроводности производится достаточно грубо, но даже грубая оценка помогает геологическому истолкованию результатов, поскольку высокая электропроводность сопутствует сплошным и прожилковым рудам, а невысокая - вкрапленным.

Признаком высокой электропроводности для крутопадающих тел является большая интенсивность аномалий ζ_k и ρ_k при расположении питающего электрода над телом и резкое уменьшение их при изменении положения питающего электрода. Если при изменении положения питающего электрода величина аномалий почти не меняется, то разница в электропроводности тела и вмещающих пород невелика.

Признаком высокой электропроводности для пологозалегающих тел является наибольшая интенсивность аномалий ζ_k и ρ_k , если тело

расположено в середине между питающими электродами АВ.

7. Определение содержания электропроводящих минералов в теле.
Объемную концентрацию вкрапленности можно оценить по формуле

$$\xi = \frac{\eta_{us\delta}}{\rho(1-\eta_{us\delta})}$$

где β - коэффициент, зависящий от формы и размера электропроводящих включений и в среднем для многих медноколчеданных месторождений равный 2,6;

Общее содержание электропроводящих минералов в теле можно определить из формулы $V_{эл} = \xi V$,
где V - объем тела.

Задача

1. Рассмотреть способы интерпретации данных полевых наблюдений в методе ВП, изложенные в инструкции.

2. Проанализировать графики ρ_k и η_k , полученные при различных положениях питающих электродов и оценить размеры, глубину залегания, элементы падения пластообразного тела, его поляризуемость, электропроводность и содержание в нем электропроводящих минералов. Дать заключение о природе аномалии (рис. 36).

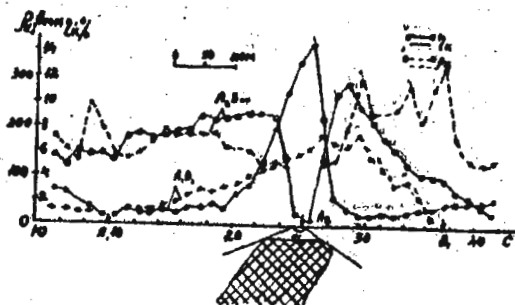


Рис. 36. Графики ρ_k и η_k над пластообразным телом

**УП. СПОСОБЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
МЕТОДАМИ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ИНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ
В ГАРМОНИЧЕСКИХ ПОЛЯХ (МЕТОД НЕЗАЗЕМЛЕННОЙ ПЕТЛИ)**

Интерпретация результатов полевых наблюдений в низкочастотной индуктивной электроразведке гармоническими полями заключается в определении параметра объекта $P = \sigma \mu \omega a^2$, где σ – проводимость объекта; μ – его магнитная проницаемость; ω – круговая частота; a^2 – квадрат характерного размера (допустим, радиуса a), a также в оценке его размеров, глубины залегания, проводимости, а для магнитных объектов его магнитной проницаемости и соотношения между остаточной и индуктивной намагниченностью объекта $Q = \frac{\chi_m}{\chi_c}$.

В зависимости от того, обладает или нет объект исследования повышенной магнитной проницаемостью по отношению к вмещающим породам, способы интерпретации несколько различаются. Оценить, является ли тело магнитным по отношению к вмещающим породам, можно на основании сопоставления аномалий по амплитуде и фазе на нескольких частотах.

Аномалии над проводящими немагнитными объектами характеризуются ростом аномалии амплитуды при увеличении частоты возбуждающего поля и последующим достижением асимптотических значений, а также подобием форм фазовых аномалий и форм аномалий по амплитуде H_z (рис. 37, 38).

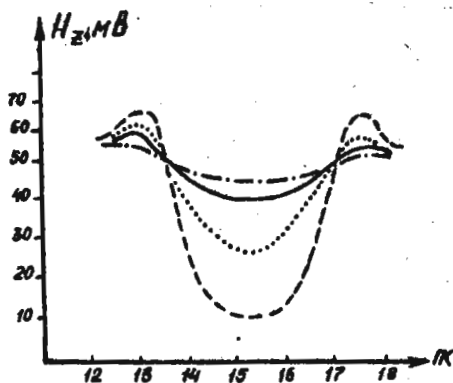


Рис. 37. Типичные формы аномалий H_z^c над проводящими немагнитными объектами

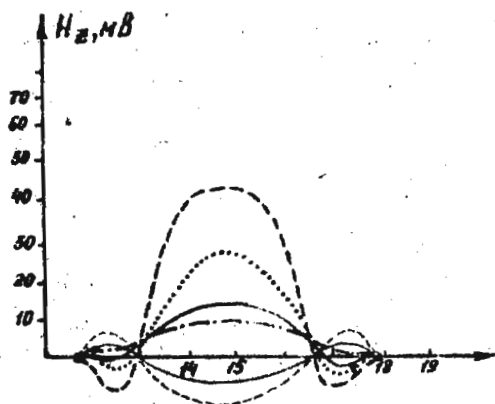


Рис. 38. Типичные формы аномалий над проводящими магнитными объектами.

Аномалии над высокомагнитными проводящими объектами характеризуются уменьшением величины аномалии амплитуды H_z с ростом частоты, изменением знака аномалии на определенной частоте и последующим достижением асимптотических значений на достаточно высоких частотах.

Фазовые аномалии в этом случае, как правило, не повторяют аномалий амплитуды, а как бы зеркально их отображают.

§ 16. Проводящие немагнитные объекты

Тела с изомерным горизонтальным поперечным сечением (сферические и цилиндрические объекты).

Интерпретация для подобных тел сводится к определению параметра тела $\rho = 2\pi M \omega^2 a^2$ для цилиндра, или $\rho = \frac{1}{2} 6\pi M \omega^2 a^2$ для сферы, глубины залегания до центра поперечного сечения z и верхней кромки тела h , проводимости объекта γ .

1. Определение параметра тела ρ . Наиболее распространенными способами определения параметра являются способы оценки ρ :

1) по обобщенной частотной характеристике амплитуды аномального поля (абсолютные измерения);

2) по соотношению аномалий по амплитуде и фазе на одной частоте (относительные измерения).

Для определения величины параметра по обобщенной частотной характеристике (рис. 39) следует построить на прозрачном билогарифмическом бланке с модулем 6,25 см частотную характеристику аномалия амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля H_z :

$$H_z^a = \frac{|H_z^c| - |H_z^o|}{|H_z^o|},$$

где H_z^c - наблюдаемые значения H_z ; H_z^o - значения нормального поля; и наложить ее на палетку, представленную на рис. 38. Против значения частоты $f = 1$ Гц экспериментальной частотной характеристики можно прочесть на палетке искомую величину $\rho = \mu m \omega a^2$ (для цилиндра) или $\rho = \frac{1}{2} \delta \omega m a^2$ (для сферы).

Далее, зная, что $\omega = 2\pi f$, а $m = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$, можно рассчитать произведение δa^2 .

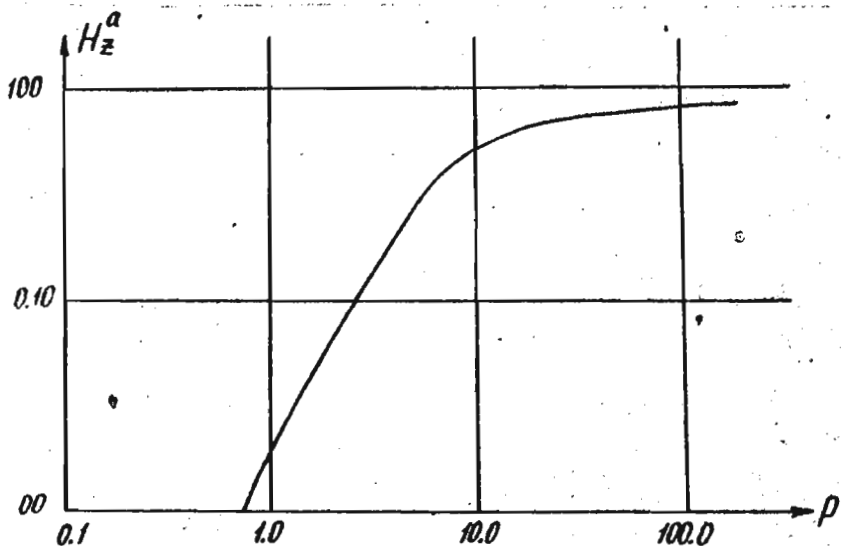


Рис. 39. Обобщенная частотная характеристика амплитуды аномального поля H_z

Для определения величины ρ по значениям аномалии амплитуды и фазы на какой-либо одной частоте следует:

определить по результатам относительных измерений в какой-либо аномальной точке профиля на любой частоте величину аномалии амплитуды $\frac{H_z^a}{H_z^e}$ (в дБ) и фазы $\Delta\varphi$ в градусах;

нанести на палетку, представленную на рис. 40 точку А с координатами $\frac{H_z^a}{H_z^e}$ и $\Delta\varphi$ и оценить фазу вторичного поля $\varphi_{\text{вг}}$ (в радианах) по индексу кривой, проходящей через точку А.

Далее по графику зависимости $\varphi_{\text{вг}} = f(\rho)$, представленному на рис. 41, найти ρ .

Так как известна частота f , для которой определен параметр ρ , можно рассчитать произведение $\bar{\sigma}a^2$.

2. Определение глубины залегания до центра объема. Определение глубины залегания до центра поперечного сечения τ (рис. 42) производится по наблюдаемым графикам распределения H_z^e .

Для этого можно привлечь любой из известных способов оценки по характерным точкам, например: $\tau = 0,7 X_{1,2}$ для сферы; $\tau = 0,5 X_{1,2}$ для цилиндра,

где $X_{1,2}$ - расстояние между точками пересечения графика H_z^e с графиком нормального поля H_z^e .

3. Определение радиуса сечения тела. Для определения радиуса сечения тела a следует провести следующие операции:

построить частотную характеристику аномалии амплитуды H_z^a ;

привлекая обобщенную частотную характеристику (см. рис. 39),

определить чему равна величина H_z^a при стремлении ее к асимптотическим значениям для $f \rightarrow \infty$;

рассчитать значение a из соотношений $H_z^a = \frac{a^3}{\tau^3}$ для сферических тел, или $H_z^a = \frac{a^2}{\tau^2}$ - для цилиндрических тел.

4. Определение проводимости тела $\bar{\sigma}$. Зная радиус сечения тела, нетрудно оценить его проводимость поскольку величина $\bar{\sigma}a^2$ была определена ранее (см. п. 1).

5. Определение глубины до верхней кромки тела h . Величину h рассчитываем по формуле:

$$h = \tau - a, \text{ где } \tau \text{ и } a \text{ известны.}$$

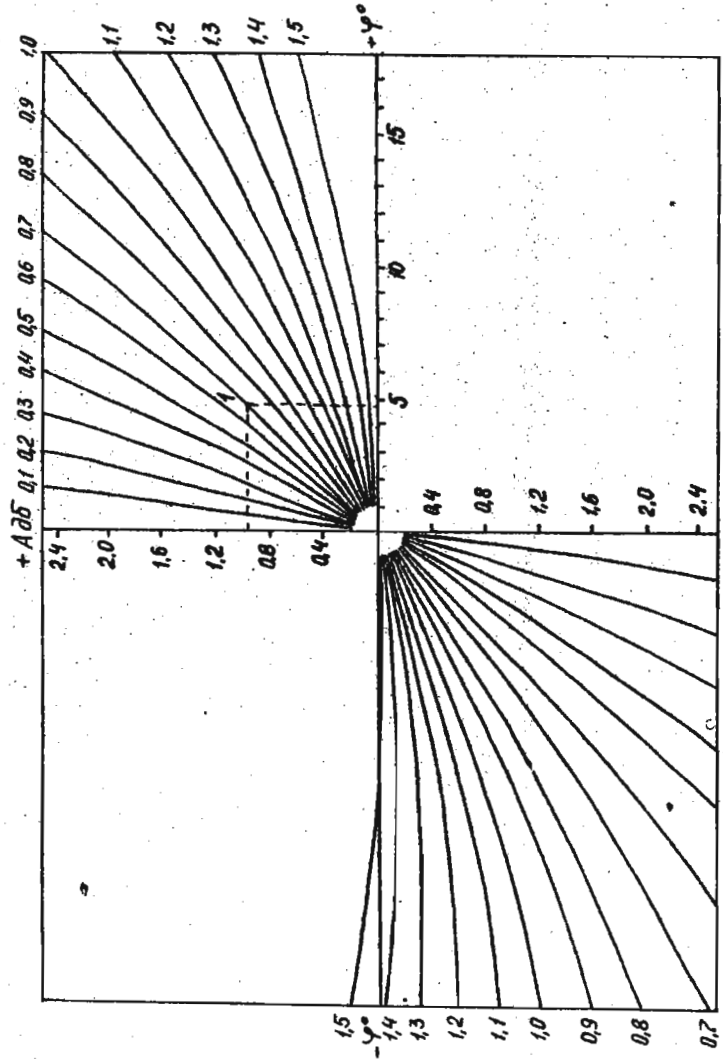


Рис. 40. Палетка для определения фазы вторичного поля φ_{δ} по измерениям $H_{\Sigma 1}/H_{\Sigma 2}$

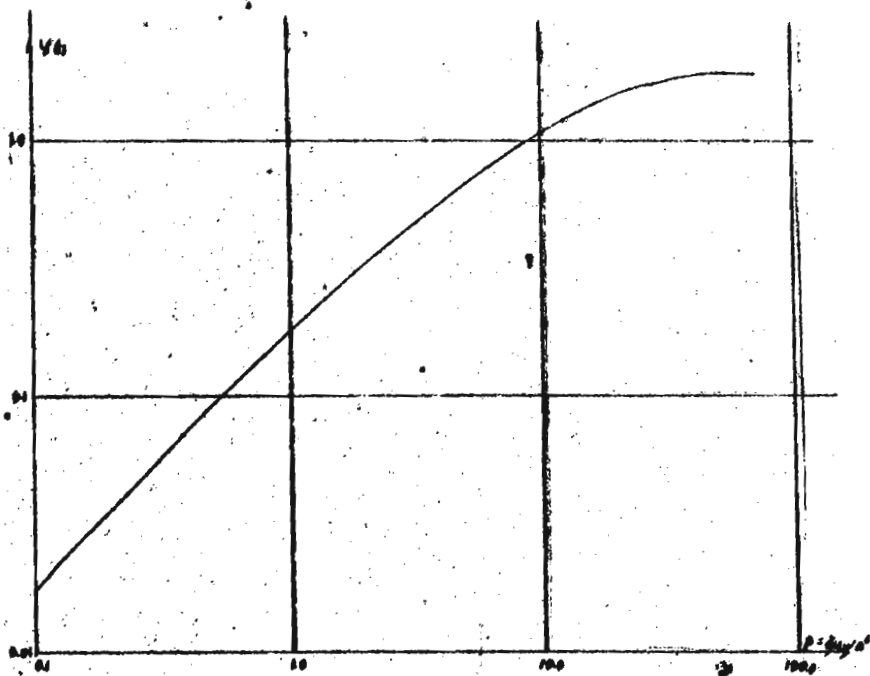


Рис. 41. График зависимости Ψ_0 от $\rho = \sigma m \omega^2$.

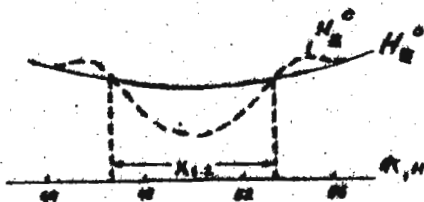


Рис. 42. Определение глубины залегания до центра изометрического тела по графикам H_z^c

Пластообразные тела

1. Определение параметра P производится любым из известных (рассмотренных выше) способов с той лишь разницей, что в этом случае $P = \delta \mu \omega \frac{ml}{2}$, где m - мощность пласта; l - его длина по падению.

Оценка параметра дает возможность определить произведение $\frac{\delta ml}{2}$

2. Определение m и l производится по графикам распределения H_z любым из известных способов.

3. Оценка δ производится по рассчитанной из параметра P величине $\frac{\delta ml}{2}$, где m и l определены.

§ IV. Магнитные проводящие объекты

Тела с изометрическим поперечным сечением (сферические и цилиндрические тела)

В случае, если объект исследования, судя по характеру изменения графиков распределения в зависимости от частоты, обладает повышенной по отношению к вмещающим породам магнитной проницаемостью, данные полевых наблюдений позволяют получить информацию не только о размерах, глубине и проводимости объекта, но и о его магнитной проницаемости μ и отношении вихревой и индуктивной намагниченности $Q = \frac{I_n}{I_i}$.

1. Определение магнитной проницаемости сферы и цилиндра. Для определения μ следует:

а) построить в двойном логарифмическом масштабе частотную характеристику аномалии амплитуды H_z^a ;

б) наложить на палетку А или Б (рис. 43 или 44) (в зависимости от предварительных геологических соображений о изометрической или жлообразной форме вызвавшего аномалию объекта) построенную частотную

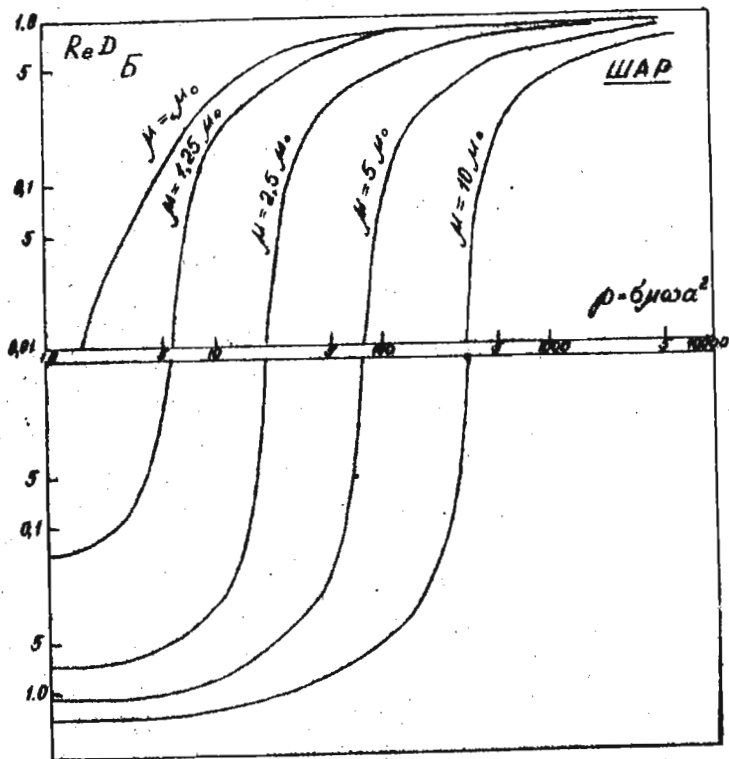


Рис. 43. Графики зависимости вторичного магнитного поля $Re D$ от параметра $\rho = \sigma m \omega a^2$ для шара

характеристику, добиваясь наилучшего совпадения с одной из теоретических кривых;

в) по индексу μ той теоретической кривой, с которой совпала экспериментальная частотная характеристика, определить величину

$$\mu = \mu_{отн} \cdot \mu_0$$

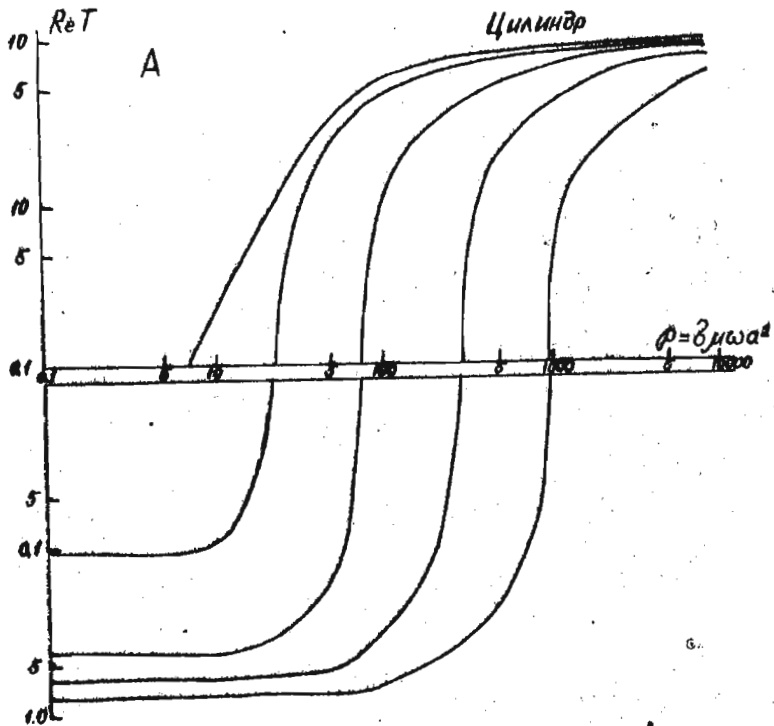


Рис. 44. Графики зависимости вторичного магнитного поля ReT от параметра $\rho = 2\mu\omega^2$ для цилиндра

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$; $\mu_{отн}$ - относительная магнитная проницаемость (цифровая часть индекса).

2. Определение параметра P . Определить параметр P можно двумя способами:

- 1) по частотной характеристике аномалии амплитуды;
- 2) по отношению аномалии по амплитуде и фазе на одной частоте;

1. Для того, чтобы по частотной характеристике аномалии амплитуды определить P , следует наложить на палетку А или В (см. рис. 43 или 44) в зависимости от сделанного предположения о форме тела построенную для любой аномальной точки частотную характеристику аномалии амплитуды и против значения $f = 1$ Гц прочесть на палетке значение $P = B \cdot m \cdot a^2$.

Поскольку m известно, определяем произведение $B \cdot a^2$ (B - в сантигэссах; a - в метрах).

2. Чтобы оценить P по соотношению аномалий по амплитуде и фазе на одной частоте, необходимо следующее:

а) определить на любой частоте в какой-либо аномальной точке значение аномалии амплитуды $\frac{H_{z1}}{H_{z0}}$ и $\Delta \varphi$ и нанести точку А с соответствующими координатами на палетку, аналогичную представленной на рис. 39. По индексу кривой, проходящей через точку А, оценить величину фазы вторичного поля в радианах;

б) по графикам зависимости φ_{δ} от P для известного значения P , определить величину P и рассчитать $B \cdot a^2$, так как m уже известно (см. п.1).

3. Определение глубины залегания до центра речеция z . Способ определения z не отличается от типового и изложен в § 15, п.2.

4. Определение радиуса сферы или цилиндра a (см. § 15, п.3).

5. Определение проводимости тела σ (см. § 15, п.4).

6. Определение h глубины до верхней кромки (см. § 15, п.5).

7. Оценка величин $Q^2 = \frac{Z_i^2}{Z_e^2}$ (соотношения между вертикальными составляющими остаточной и индуктивной намагниченности).

Для оценки Q^2 следует применять графики распределения H_z и графики ΔZ (данные магниторазведочных наблюдений). Оценка Q^2 производится следующим образом:

определяем величину $\Delta Z^{нрчб}$ (ΔZ в долях земного намагничивающего поля в данном районе);

Оцениваем

$$Q^z = \left| \frac{\Delta Z_{прив}}{H_z^a} - 1 \right| = \frac{y_n^z}{y_i^z}$$

Пластообразные тела

I. Определение глубины залегания пласта и мощности m (мощный пласт, бесконечный по простиранию, падение близко к вертикальному):

а) определение глубины залегания h пласта производится по графикам распределения H_z^a на наиболее низкой частоте из соотношения

$$h = \frac{X_2^2 - X_1^2}{2X_1}$$

где X_1 - абсцисса точки, в которой $H_z^a = 0,5 H_z^{a \max}$; X_2 - абсцисса точки, в которой $H_z^a = 0,25 H_z^{a \max}$;

б) определение мощности пласта m производится также по графикам распределения H_z^a на наиболее низкой частоте (рис. 45)

$$m = 2\sqrt{X_1^2 - h^2}$$

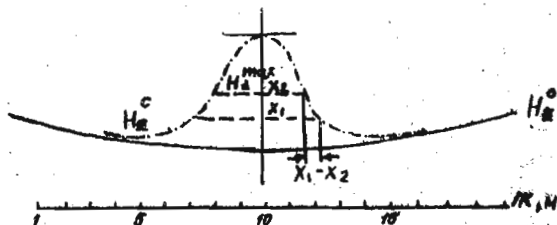


Рис. 45. Определение мощности пласта по графикам H_z^a на низкой частоте

2. Определение магнитной восприимчивости χ и магнитной проводимости объекта $m = I + 4\pi\chi$. Для определения χ можно воспользоваться формулой:

$$\chi = \frac{H_z^{a \max}}{4 \arctg \frac{b}{h}} \quad \left(b = \frac{m}{2} \right)$$

где величина $H_z^{a, \max}$ вычислена для наиболее низкой частоты.

Величина m рассчитывается как $m = 1 + 4\pi r \cdot \frac{m\ell}{a}$

3. Определение величины параметра $\rho = \frac{\sigma m \omega}{a}$. Параметр можно определить по сопоставлению частотной характеристики аномалии амплитуды с палетками, рассчитанными для пластообразных тел с различным соотношением $\frac{m\ell}{a}$. Ввиду невысокой разрешающей способности этого определения, этот способ обычно не применяется.

Оценка величины параметра ρ и расчет величины проводимости σ производятся на основании формул для эллиптического цилиндра, проводящего и магнитного, помещенного в однородное, гармонически меняющееся магнитное поле. Формулы из-за их сложности здесь не приводятся.

4. Определение величины $Q^z = \left| \frac{\Delta Z_{\text{пр}}}{H_z} \right| + \frac{Z}{a}$ производится так же, как и для тел сферической или жидкообразной формы.

З а д а н и е № 1

1. По графикам распределения H_z (рис. 46) определить ρ , r , a , h и σ немагнитного сферического объекта, руководствуясь наставлениями, изложенными в § 16.

2. По графикам распределения $\frac{H_{z1}}{H_{z2}}$ и $\Delta \varphi$ определить параметр объекта ρ (рис. 47).

З а д а н и е № 2

1. По графикам распределения H_z и ΔZ (рис. 48) определить m , ρ , r , a , h , γ и Q^z сферического тела, руководствуясь способами, изложенными в § 16.

2. По графикам распределения H_z и ΔZ определить $m\ell$, m и Q^z для мощного пласта (рис. 49), руководствуясь способами, изложенными в § 16.

Перевод шкалы в децибелах в проценты или в доли нормального поля дан в приложениях на рис. 50.

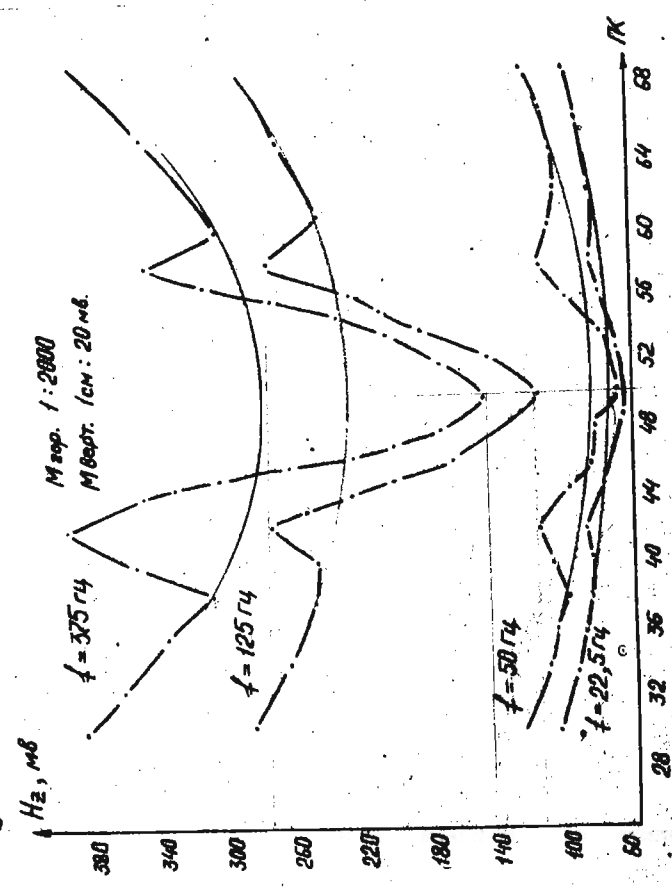


Рис. 46. Графики N_z нал проводящим шаром

Значит изобразить отклонения сечениями №1, №2 и №3 в разрезе 9-9
Автоматической электростанции водохранилища (по ГС).

Автоматическая станция 1:500
Автоматическая станция 1:500
Автоматическая станция

А-2



75%
80%
85%
100%

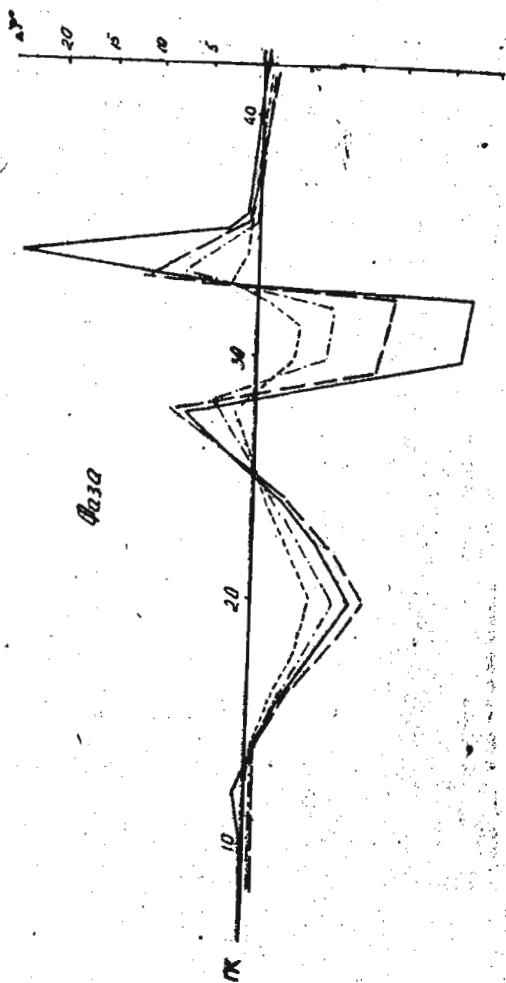


Рис. 47. Графики H_z/H_{z_0} и $\Delta \varphi$ над пластинами повышенной электропроводности

Масштаб 1:1000
 М.В.В. 6 (см - 100)

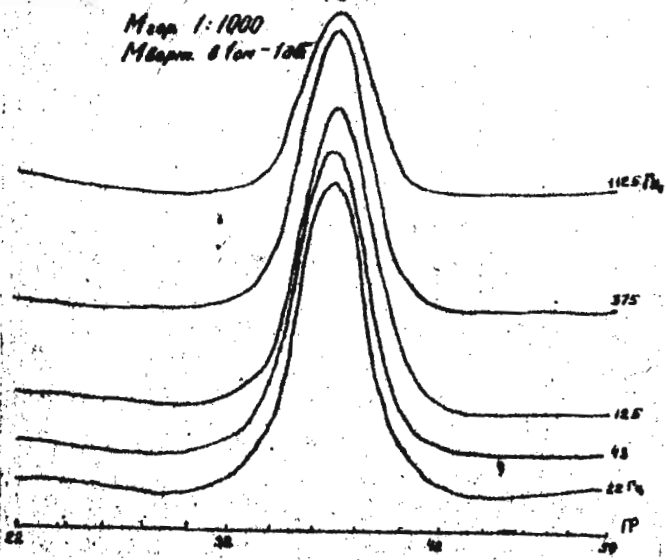


Рис. 48. Графики H_E и ΔZ над магнитным проводящим паром

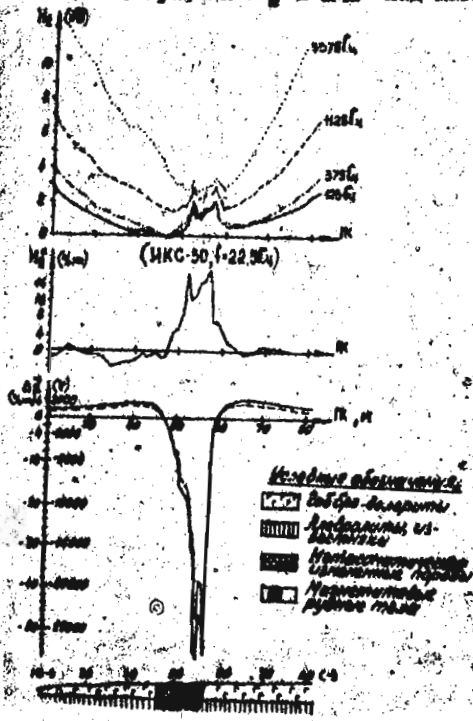


Рис. 49. Графики H_E и ΔZ над железобудным пластом

375
 112.5

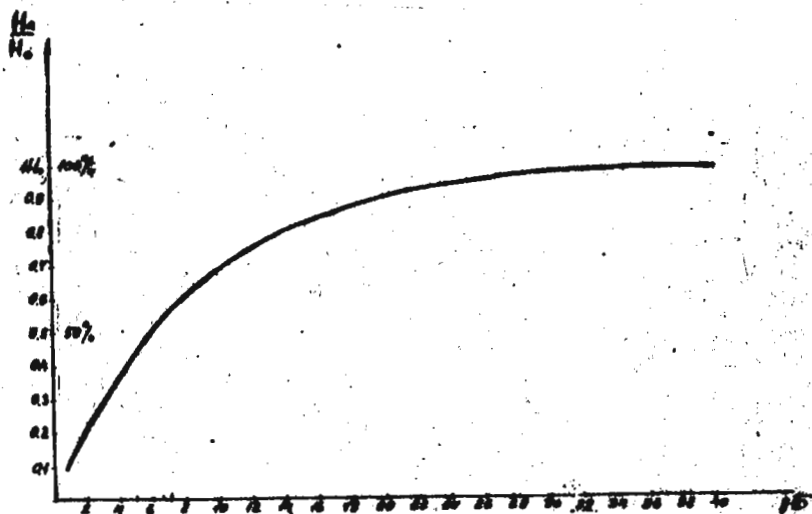


Рис. 50. График перевода шкалы децибел в доли нормального поля и проценты

IX. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В МЕТОДЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

§ 18. Методика совмещенных петель (МСПО)

Обработка и интерпретация результатов площадной поисковой съемки методикой совмещенных петель проводится с целью выделения участков с аномальным поведением поля неустановившегося сигнала и предварительной оценки перспективности аномальных участков. В зависимости от сложности условий, в которых проведена площадная съемка, обработку и интерпретацию полевых данных проводят по разному.

1. Строят графики амплитуды неустановившегося сигнала (рис. 51). По оси абсцисс в этом случае откладывают "пикеты", соответствующие центрам петель. По оси ординат - амплитуда неустановившегося сигнала

$\frac{u}{y}$

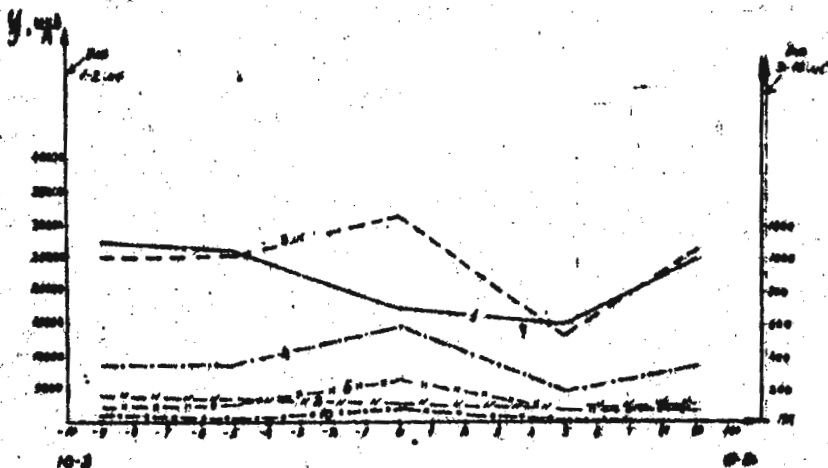


Рис. 51. Графики амплитуды неустойчившегося сигнала: вложе
профиля наблюдений методикой МПЮ

2. Строят планы изолиний сигнала $\frac{U}{t}$ для различных времен задержки.

3. Строят переходные характеристики амплитуды неустойчившегося сигнала и их план (план расположения петель, в каждой из которых показаны переходные характеристики $\frac{U}{t}$). По оси абсцисс при построении переходных характеристик откладывают время t в линейном масштабе, по оси ординат - $\frac{U}{t}$ в логарифмическом масштабе.

В достаточно простых геоэлектрических условиях, т.е. когда поровые и вмещающие породы в пределах изучаемой площади достаточно высокоомны, "аномальные" петли (т.е. участки, "подозрительные" на присутствие локального низкоомного объекта) легко выделяются по повышенным значениям амплитуды неустойчившегося сигнала на нескольких временах, а также по характеру переходной характеристики. В подавляющем большинстве петель в подобных условиях амплитуда неустойчившегося сигнала быстро затухает со временем до величины, соизмеримой с уровнем помех. "Аномальные" же петли характеризуются затянутыми переходными характеристиками, в которых на относительно больших временах сохраняется значительная величина амплитуды неустойчившегося сигнала. Такие участки хорошо выделяются также и на планах изолиний

сигнала $\frac{u}{y}$ для различных значений времени задержки.

Если в районе работ развиты низкоомные покровные и вмещающие породы, то такая простая обработка полевых данных может не привести к желаемому результату (т.е. выделить аномальные петли может быть сложно или просто невозможно, так как затянутые переходные характеристики могут наблюдаться на всей площади).

В подобных условиях обработка полевых данных и выделение перспективных участков проводятся по иному:

I. Строят кривые зависимости "кажущейся проводимости" от времени $\sigma_k(t)$. Значения σ_k можно рассчитать по формулам или воспользоваться специальной номограммой. Для расчета σ_k результаты измерений преобразуются по формулам:

$$\tau_k = \left[\frac{111,4}{u \cdot t / y \cdot l} \right]^{2/3} \quad \text{и} \quad \bar{\sigma}_k = \frac{800}{l^2} \frac{t}{\tau_k}, \quad (6)$$

где $\frac{u}{y}$ - приведенная амплитуда сигнала для времени t ; l - половина стороны квадратной петли, м.

Результаты вычислений записывают в журнал обработки наблюдений МШО по следующей форме:

Участок _____ Дата _____
 Петля № _____ Уровень помех \pm _____ мкВ
 Половина размера петли _____ м Ток в петле I_{cp} _____ А

t , мс	$\frac{u}{y}$, мкВ/А	$u \cdot t / y \cdot l$, мкВ/А.м	τ	$\bar{\sigma}_k$, См/м	Примечание
----------	-----------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------	------------

$S =$ _____ См Вычислил _____
 $\sigma_2 =$ _____ См/м Проверил _____

Величины $\bar{\sigma}_k$ и τ_k можно также определить с помощью специальной номограммы, приведенной на рис. 52. На номограмме представлены шесть шкал: $\frac{u}{y}$, $\frac{u \cdot t}{y \cdot l}$, $\frac{t}{l^2}$, $\frac{t}{l}$, $\bar{\sigma}_k$, τ_k . Для определения τ_k и $\bar{\sigma}_k$ на осях $\frac{t}{l^2}$ и $\frac{t}{l}$ наносит заранее отметки, соответствующие временам t , используемым в конкретной аппаратуре, на которых проводились измерения. Затем прикладывают линейку к значению $\frac{u}{y}$ на крайней левой шкале, соответствующему измеренному на конкретном времени

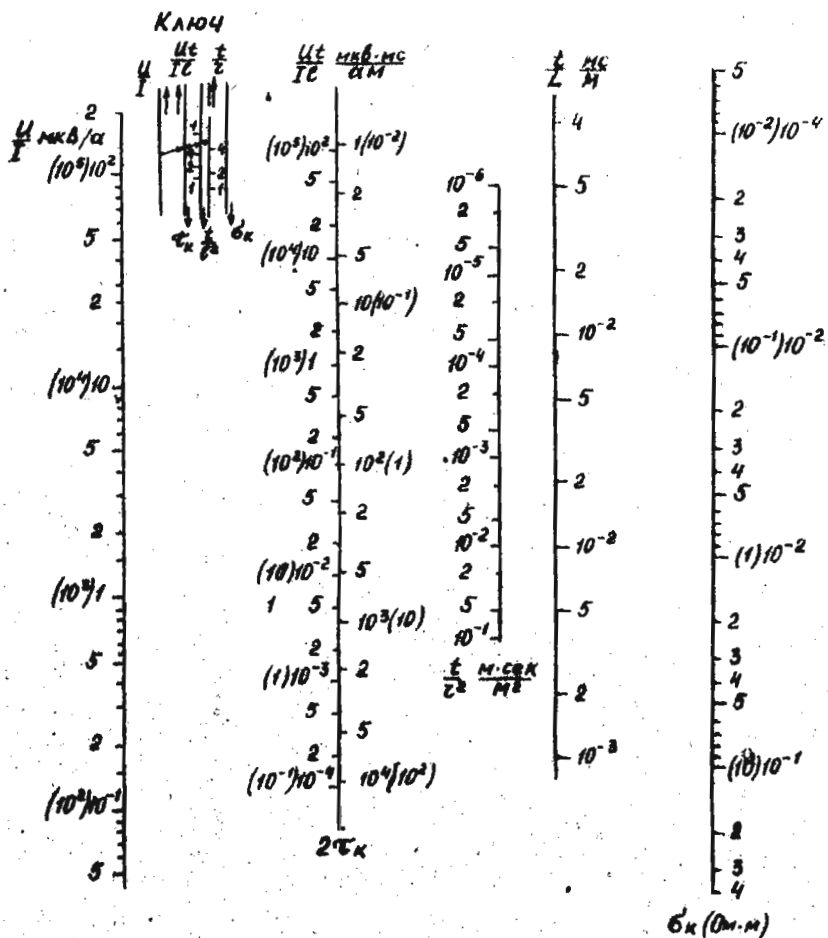


Рис. 52. Номограмма для определения B_k и τ по данным наблюдений амплитуды неустановившегося сигнала

сигналу $\frac{U}{J}$ и соединяют прямой эту точку с точкой на шкале $\frac{t}{T}$, соответствующей времени измерения. Находят $\frac{U \cdot t}{J \cdot T}$, как точку пересечения этой прямой со шкалой $\frac{U \cdot t}{J \cdot T}$ (см. ключ, показанный на номограмме). Найденное значение $\frac{U \cdot t}{J \cdot T}$ отмечают точкой на шкале и соединяют её прямой линией (или линейкой) с точкой на шкале $\frac{t}{T}$, соответствующей времени измерения/задержки/ t . Величины t_k^2 и b_k находятся как точки пересечения этой линии с вертикальной линией соответствующей шкалы. Если уровень измеряемого сигнала таков, что на шкале $\frac{U}{J}$ приходится пользоваться цифрами в скобках, то на остальных шкалах найденные значения будут также соответствовать цифрам в скобках.

По данным определения τ_k и b_k строят следующее:

1) планы кривых $\sigma_k(t)$ (планы расположения петель, в каждой из которых показаны кривые $b_k(t)$, построенные в одном и том же линейном масштабе);

2) кривые зависимости b_k от τ_k ($b_k(\tau_k)$) в двойном логарифмическом масштабе.

Выделение аномальных участков производят следующим образом

1) качественно, по рассмотрению плана кривых $b_k(t)$. Для аномальных кривых характерным является резкое замедление спада или даже подъем значений в средней или правой частях (рис. 53);

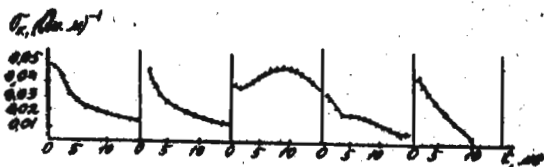


Рис. 53. Примеры кривых b_k для центральных точек профиля наблюдения методикой МППР

2) по данным интерпретации кривых $b_k(\tau_k)$ с помощью палетки S^a . Для этого кривые $b_k(\tau_k)$, построенные в двойном логарифмическом масштабе, накладывают на палетку теоретических кривых для двуслойного разреза (рис. 54). Палетка представляет собой семейство кривых $\frac{\sigma_k}{b_k}$,

S^a - продольная проводимость верхнего горизонта.

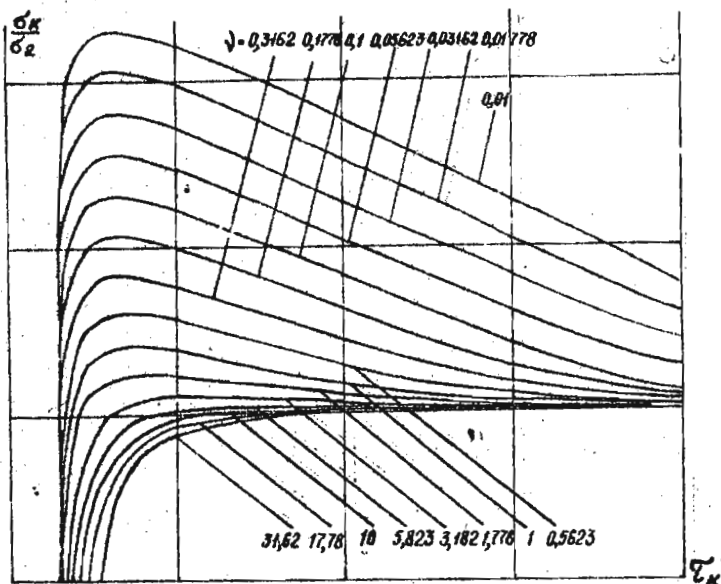


Рис. 54. Палетка двуслойных теоретических кривых σ_k/σ_2

у которых по оси абсцисс отложено значение параметра τ_k , а индексом кривых является величина $V = \frac{\sigma_2 l}{S}$. Совместив экспериментальную кривую с какой либо палеточной путем сдвига экспериментальной кривой по оси ординат по индексу палеточной кривой, с которой совпала экспериментальная, найдем значение V . Против единицы на палетке прочтем на вертикальной шкале (оси) экспериментальной кривой величину σ_2 — удельную электропроводность подстилающего горизонта. Продольная проводимость покровных отложений S рассчитывается по найденным величинам V и σ_2 и заносится в журнал.

При очень больших значениях S и малых σ_2 экспериментальные кривые не ложатся на палетку, показанную на рис. 54. В этом случае как полевые, так и теоретические кривые имеют вид параллельных наклонных прямых. Для подобных условий существует специальная палетка (рис. 55), с помощью которой в случае тонкого пласта на непроводящем

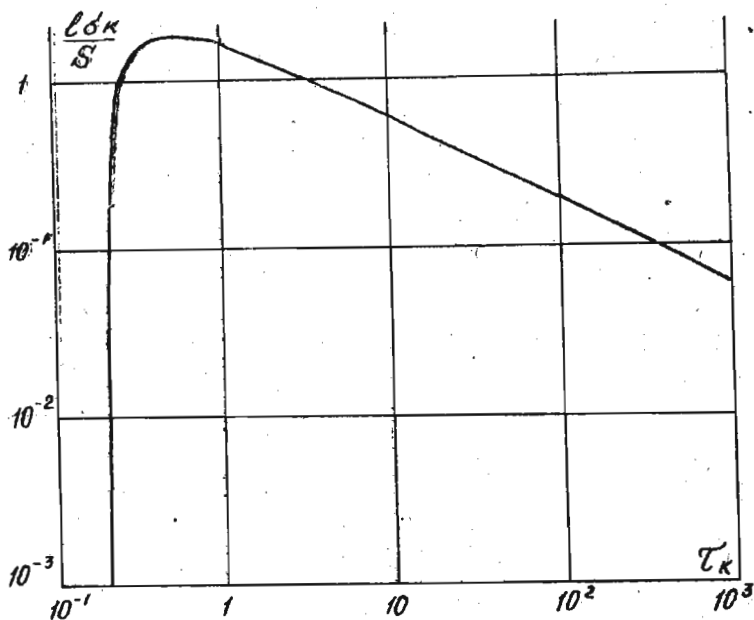


Рис. 55. Палетка S для тонких пластов на непроводящем основании

основании можно также определить S . По оси ординат у этой палетки отложена величина $\frac{e\sigma_k}{S}$, а по оси абсцисс — тот же параметр τ_k . Добившись совмещения теоретической и экспериментальной кривой путем наложения их и сдвига по оси ординат, можем на вертикальной шкале экспериментальной кривой против единицы на палетке прочесть значение σ_k , рассчитать $S = \sigma_k l$ и занести ее в журнал.

В процессе интерпретации может оказаться, что некоторая часть экспериментальных кривых $\sigma_k(\tau_k)$ при наложении не совмещается с палеточными. Кроме того интерпретация кривых для некоторой части петель может дать значения S , сильно превышающие те же величины для соседних петель. Такие петли можно считать аномальными, т.е. заслуживающими дальнейшей детализации и представляющими интерес с точки зрения поисков залежей хорошо проводящих руд.

Для того, чтобы оценить перспективность той или иной выявленной аномальной зоны, производится дальнейшая интерпретация данных, полученных в полевых условиях. Она заключается в следующем:

1. Для тех петель, у которых кривые $\sigma_k(\tau_k)$ не ложатся ни на одну из палеток, рассчитанных для двуслойных разрезов строится переходная характеристика $\frac{U}{I}$ в линейном масштабе.

2. Кривые $\frac{U}{I}$ разбиваются на участки, соответствующие отрезкам времени Δt длительностью порядка 10^{-3} с.

3. Для каждого участка кривой определяется параметр α по формуле:

$$\alpha(t) = \frac{\Delta[U(t)/I]}{I^2 \Delta t U_{cp}(t)/I},$$

где $\Delta \frac{U(t)}{I}$ - разность ординат небольшого интервала Δt переходной характеристики, мм; $U_{cp}(t)$ - среднее значение переходной характеристики на данном интервале (см. инструкцию для МНПР), мм.

По параметру α в зависимости от конкретных геологических условий делается заключение о перспективности поисков оруденения в данной области и о целесообразности проведения детальных работ.

З а д а н и е

1. По графикам амплитуды неустановившегося сигнала $\frac{U}{I}$, приведенным на рис. 54, 56, 57 определить аналитически по формуле (6) или с помощью номограммы (см. рис. 52) значения σ_k и τ_k для каждой точки наблюдения и всех времен задержки и занести полученные данные в журнал.

2. Построить кривые зависимости σ_k от τ_k в двойном логарифмическом масштабе.

3. С помощью палеток (см. рис. 54 или 55) определить продольную проводимость покровных отложений S и удельную электропроводность подстилающего горизонта σ_2 .

4. Для тех участков профиля, на которых не удается определить S и σ_2 вследствие невозможности совместить полевые и теоретические кривые, приведенные на рис. 51, 56, 57 и определить параметр α в соответствии с правилами, изложенными выше.

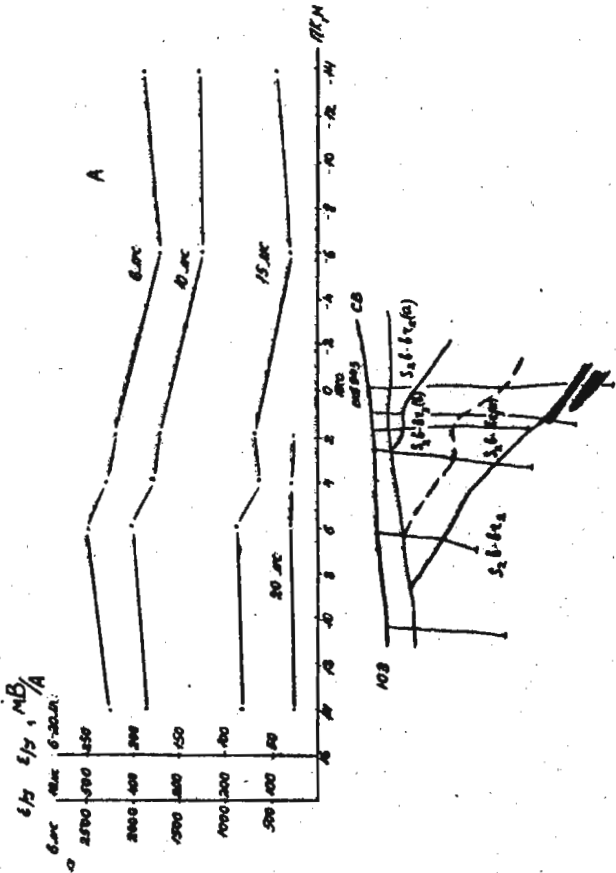


рис. 56. Профили амплитуды неустановившегося сигнала вдоль профиля наблюдений методики МШО

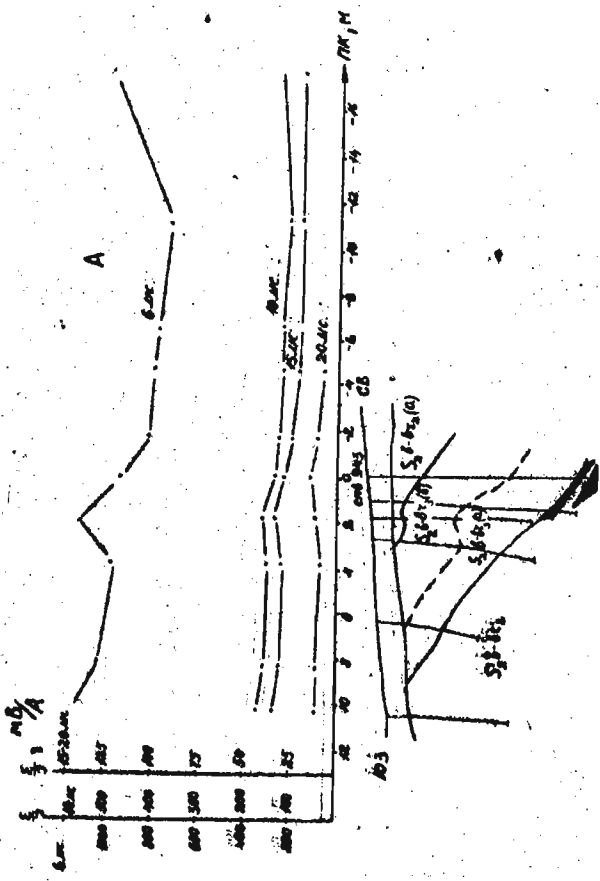


Рис. 57. Графики амплитуды неустановившегося сигнала вдоль профиля
 выполненной методикой МПНО

с

5. Дать заключение о целесообразности постановки детальных работ на отдельных участках профиля.

§ 19. Методика автономной рамки (МПР)

Интерпретация результатов полевых наблюдений носит полуколичественный характер. Для тел с изомерным сечением она заключается в определении параметра тела $\lambda = (\sigma \mu a^2)^{-1}$, где σ - проводимость объекта; μ - его магнитная проницаемость; a - радиус сечения, а также глубины залегания его центра h , радиуса a и проводимости изучаемого объекта.

Для пластовых тел определяется глубина залегания верхней кромки h и продольная проводимость залежи S . Во всех случаях начальным этапом интерпретации должна явиться оценка формы рудного тела. Для проведения типовой оценки анализируются кривые распределения амплитуд неустановившегося сигнала в пределах аномальной площади и сравниваются с типичными теоретическими, либо модельными кривыми для тел простой геометрической формы.

Кроме того исследуется форма аномальной зоны в плане. Все это позволяет аппроксимировать исследуемый объект сферическим, либо цилиндрическим проводником, либо пластовой залежью.

Тела сферической и цилиндрической формы

1. Определение параметра λ . Параметр λ определяется по скорости спада переходной характеристики одним из следующих способов:

а) временную характеристику наблюдаемой амплитуды неустановившегося сигнала перестраивают на билогарифмический бланк и совмещают с теоретической переходной характеристикой для сферы или цилиндра (с палеткой, приведенной на рис. 5а).

Сдвиг вдоль оси абсцисс временной характеристики амплитуды наблюдаемого неустановившегося сигнала $\frac{u}{\gamma}$ относительно палеточной определит величину λ ;

б) временная характеристика $\frac{u}{\gamma}$, построенная в полулогарифмическом масштабе, имеет кривую асимптотическую ветвь в виде прямой с некоторым угловым коэффициентом

$$C = 0,13 m \lambda,$$

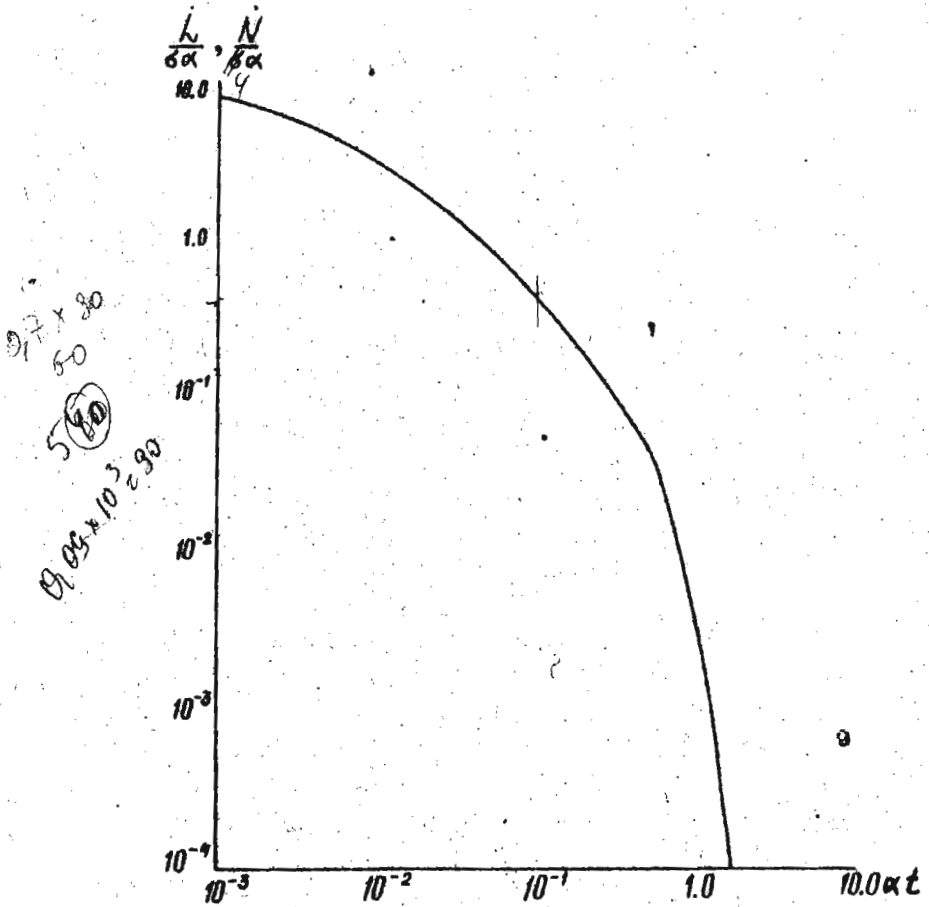


Рис. 58. Теоретическая переходная характеристика функций \hat{L} и \hat{N} для сферы и цилиндра

где $m = 10$ для сферы; $m = 6$ для цилиндра.

Величину C можно определить следующим образом:

$$C = \frac{\Delta / \lg \frac{u}{\gamma}}{M \Delta t},$$

где $\Delta / \lg \frac{u}{\gamma}$ - разность ординат линейного участка характеристики; M - модуль логарифмической шкалы; Δt - временной интервал временного участка характеристики, с.

Определив C , вычисляем $d = \frac{C}{0,43}$.

2. Определение глубины залегания центра объекта h . Глубину определяют из графиков распределения $\frac{u}{\gamma}$ вертикальной и горизонтальной составляющих амплитуды неустановившегося сигнала по формулам:

для сферы $h = l_x \approx l_z$

для цилиндра $h = 0,87 l_x = l_z$

где l_z - графики аномалий вертикальной составляющей на уровне $0,5 \frac{u}{\gamma}$, м; l_x - расстояние между экстремумами горизонтальной составляющей, м (рис. 59).

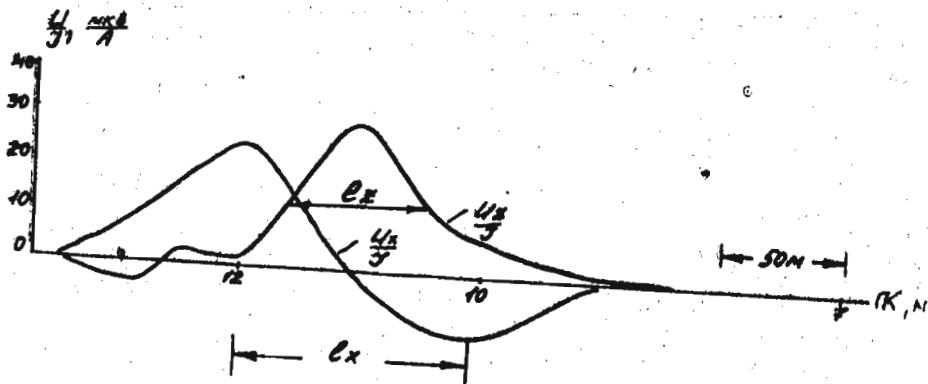


Рис. 59. Графики распределения амплитуд неустановившегося сигнала u_x/γ и u_z/γ над жилообразной залежью

3. Определение радиуса сферы или цилиндра a . Для нахождения радиуса сферы или цилиндра, которыми аппроксимируется объект исследования, можно воспользоваться формулами:

для шара $a = R \left[\frac{\frac{u}{\gamma} \max}{M S_0 f_0 \left(\frac{h}{R} \right) d(dt)} 2R \cdot 10^{-6} \right]^{1/2}$; $\left. \begin{array}{l} 1.6 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 10^3 \\ 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 60 \end{array} \right\} 3$

для цилиндра $a = h \left[\frac{\frac{u}{\gamma} \max}{M S_0 f_0 \left(\frac{h}{R} \right) N(dt)} 2R \cdot 10^{-6} \right]^{1/2}$, $3,2 \cdot 100$

где $\frac{u}{\gamma}$ - аномалия вертикальной компоненты амплитуды неустановившегося сигнала в точке максимума, $\frac{M \times B}{A}$; R - половина стороны возбуждающей петли, м; M - магнитная проницаемость объекта, обычно полагаемая $M = M_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г; S_0 - эффективная площадь приемной рамки, м²; $N(dt)$ или $d(dt)$ - значение переходной функции для известной величины (dt), определенной ранее; $f_0 \left(\frac{h}{R} \right)$ - принимаем в точке максимума за единицу.

4. Определение удельной электропроводности объекта исследования σ .

Определение σ производится по формуле $\sigma = \frac{1}{d \cdot M \cdot Q}$, получаемая из соотношения $d = \frac{1}{\sigma \cdot M \cdot Q}$ где $Q = a^2$ - для цилиндра и $Q = \frac{a^2}{2}$ - для сферы.

Задание

1. По переходной характеристике $\frac{u}{\gamma}$ (рис. 60) определить параметр d всеми возможными способами.
2. По графику распределения U_x/γ и U_z/γ определить глубину залегания до центра жиллообразной залежи, руководствуясь способами, изложенными выше (см. рис. 59).
3. Оценить размеры эквивалентного сечения тела по формуле:

$$a = h \left[\frac{\frac{u}{\gamma} 2R \cdot 10^{-6}}{M S_u N(dt)} \right]^{1/2}$$

где a - радиус сечения, м; h - глубина до центра его, м; $\frac{u}{\gamma}$ - аномалия U_z в точке максимума; $R = 200$ м - сторона петли; $S_u =$

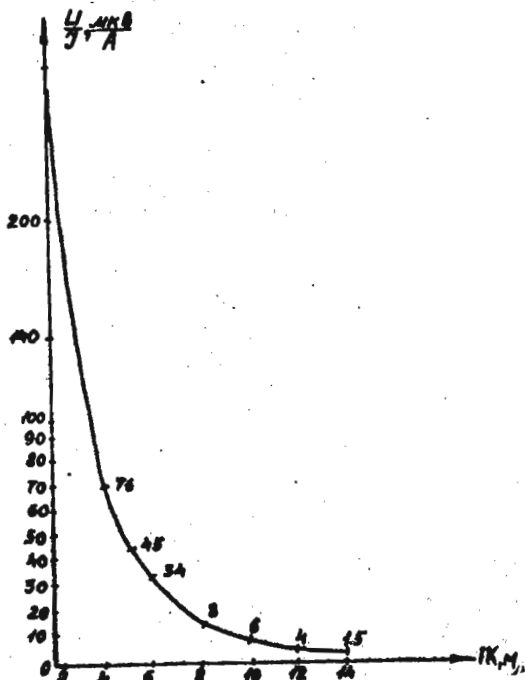


Рис. 60. Переходная характеристика амплитуды неустановившегося сигнала U/Y для рудного объекта

$= 5000 \text{ м}^2$ - площадь приемной рамки; $\dot{N}(dt)$ - аномальная функция, определяемая для данного значения d по палетке на рис. 58.

4. Определить вероятную проводимость тела, предположив, что магнитная проницаемость объекта, вызвавшего аномалию, не отличается от μ_0 вмещающих пород по формуле:

$$d = \frac{1}{\sigma \mu_0 Q};$$

5. Оценить природу объекта, вызвавшего аномалию (рудный или нерудный объект).

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	3
I. Нормальные электрические поля в методе сопротивлений.....	4
II. Расчет установки для работ методами сопротивлений.....	6
§ 1. Расчет установки для вертикального электрического зондирования	6
§ 2. Расчет установки для симметричного электропрофилирования	6
III. Интерпретация данных вертикального электрического зондирования и правила графического построения кривых ВЭЗ.....	8
§ 3. Графические способы построения и интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ	8
§ 4. Графическое построение трехслойных кривых ВЭЗ	14
§ 5. Графическое построение трехслойных кривых ВЭЗ с использованием номограмм Пылаева	20
§ 6. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ с помощью двухслойных и вспомогательных палеток (ρ_2 - известно)	24
§ 7. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ с помощью трехслойных палеток (ρ_2 - известно).....	25
§ 8. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ с помощью трехслойных палеток (ρ_2 - неизвестно).....	28
§ 9. Интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ с помощью палеток Пылаева	30
§ 10. Интерпретация четырехслойных кривых ВЭЗ (ρ_2 и ρ_3 - известны).....	32
§ II. Качественная интерпретация кривых ВЭЗ.....	35
IV. Интерпретация результатов полевых наблюдений в методе естественного электрического поля	44
V. Интерпретация результатов полевых наблюдений в методе заряженного тела	48
§ 12. МЭТ на рудных объектах	48
§ 13. МЭТ на гидрогеологических объектах	51

VI. Поверхностная и объемная поляризация рудных тел, имеющих изометрическую форму (метод вызванной поляризации (ВП)).....	55
VII. Интерпретация результатов полевых наблюдений в методе ВП	56
§ 14. Расчет кажущейся поляризуемости	56
§ 15. Способы интерпретации результатов полевых наблюдений в методе ВП	58
VIII. Способы интерпретации результатов полевых наблюдений методами низкочастотной индуктивной электроразведки в гармонических полях (метод незаземленной петли).....	63
§ 16. Проводящие немагнитные объекты	64
§ 17. Магнитные проводящие объекты	69
IX. Обработка и интерпретация результатов полевых наблюдений в методе переходных процессов	79
§ 18. Методика совмещенных петель (МШПО).....	79
§ 19. Методика автономной рамки (МШПР)	89

Св. план, 1985, поз. 2008

Ирина Александровна ДОБРОХОТОВА

**ПРАКТИКУМ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В МЕТОДАХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ**

Учебное пособие

Редактор И.А. Захарчук

Технический редактор Э.А. Кулакова

Подписано в печать 26.03.86. Л - 70159. формат бумаги 60 x 90 1/16.
Бумага типографская № 3. Печать офсетная. Ум.-изд.л. 5,0.
Тираж 400 экз. Цена 20 коп. Заказ 179.

МГРИ, Москва, центр, просп. Маркса, 18, корп. "Г". Ротапринт