

Б. С. ЭНЕНШТЕЙН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
РАЗРЕЗА ПО КРИВЫМ ЧАСТОТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ
КЛАССОВ *H* И *A*

(Представлено академиком А. Н. Тихоновым 19 V 1972)

1. В статье описан способ раздельного определения суммарной мощности h и среднего удельного сопротивления ρ_l трехслойных разрезов классов *H* и *A* типа $\mu_3 = \infty$ или же многослойных разрезов, оканчивающихся трехслойной частью указанных классов. В этом способе используется зависи-

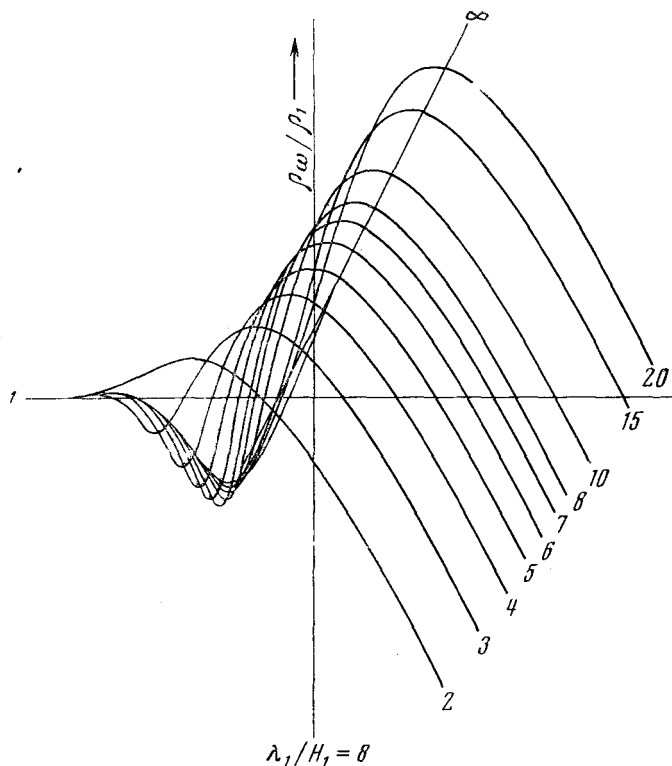


Рис. 1

мость ординат и абсцисс максимумов правых ветвей кривых ЧЗ* B_z (ρ_m и $(1/\sqrt{f})_m$) от h и ρ_l и длины зондирования r . При этом учитываются данные об эквивалентности рассматриваемых классов разрезов по этим координатам, определяющие пределы применимости способа. Кроме того, по результатам интерпретации оказывается возможным оценить погрешность, допущенную при определении h и ρ_l .

* Различные обозначения, используемые в статье для классов геоэлектрических разрезов (*H*, *A* и др.), их характеристик ($\nu_2, \mu_2, \dots, h_1, h_2, \dots, \rho_1, \rho_2, \dots$) и для частотных зондирований (ЧЗ) по различным компонентам поля (E_x, B_z и др.) можно найти в книге А. И. Заборовского, «Электроразведка», 1963.

Обратимся к двухслойным кривым ЧЗ B_z типа $\mu_2 = \infty$, представленным на рис. 1. На оси абсцисс отложены величины λ_1/h_1 , а на оси ординат — ρ_ω/ρ_1 . λ_1 — длина волны в верхнем слое, $\lambda_1 = \sqrt{10\rho_1/h_1}\sqrt{f}$, ρ_1 — удельное сопротивление верхнего слоя, ом·м; f — частота тока, гц; h_1 — мощность верхнего слоя, км, ρ_ω — измеряемое удельное сопротивление. Цифры у кривых соответствуют значению r/h_1 .

На рис. 2 приведены графики, характеризующие зависимость координат максимумов ρ_m/ρ_1 и $(\lambda_1/h_1)_m$ кривых рис. 1 от r/h_1 , т. е. от изменения

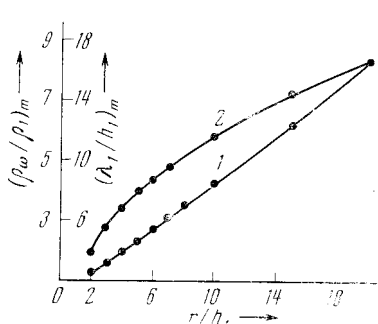


Рис. 2

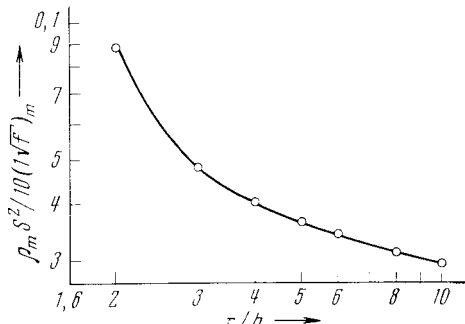


Рис. 3

длины зондирования r . Кривая 1 соответствует $\rho_m/\rho_1 = F_1(r/h_1)$, кривая 2 — $(\lambda_1/h_1)_m = F_2(r/h_1)$.

Чтобы воспользоваться приведенными графиками для интерпретации двухслойных кривых ЧЗ B_z типа $\mu_2 = \infty$ (например, графиком 1), необходимо взять с экспериментальной кривой значение ρ_m и ρ_1 и по величине ρ_m/ρ_1 найти по графику 1 значение r/h_1 . Так как r известно, то найдем h_1 .

Если кривая ЧЗ неполная (нет левой асимптоты), то величина ρ_1 не может быть установлена. В этом случае определить значение h_1 по графику 1 невозможно. С точностью порядка $\pm(1,5-2)\%$, для r/h_1 в пределах 3—10, график 1 аппроксимируется выражением

$$\frac{r}{h_1} = \frac{1}{0,62} \left(\frac{\rho_m}{\rho_1} \right)^{1,33},$$

из которого находим

$$h_1 = \frac{0,62\rho_1^{1,33}r}{\rho_m^{1,33}}. \quad (1)$$

График 2 удовлетворительно аппроксимируется выражением

$$(\lambda_1/h_1)_m = 2,8(r/h_1)^{0,62},$$

откуда

$$h_1 = 1,45\rho_1^{1,33}(1/\sqrt{f})_m^{2,66}r^{-1,61}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) видна связь между параметрами разреза h_1 и ρ_1 .

2. Сказанное относительно двухслойных кривых ЧЗ B_z типа $\mu_2 = \infty$ в равной мере относится и к многослойным кривым ЧЗ B_z с опорным горизонтом типа $\mu_n = \infty$, поскольку они могут быть представлены эквивалентной двухслойной кривой, полученной с таким же разномом r , для которой $\rho_1 = \rho_i$ и $h_1 = h$ разреза, а максимумы и правые асимптоты совпадают между собой. Если значение r в случае двухслойного разреза или ρ_i в случае многослойного разреза известны, то из формул (1) и (2) или по графикам 1 и 2 (рис. 2) величины h_1 или h определяются вполне удовлетворительно.

Эта методика известна под названием «параметрической методики», поскольку для определения величины h необходимо найти значение ρ_1 из каких-либо других источников, помимо интерпретируемой кривой.

Практикам-геофизикам, однако, хорошо известно, как трудно найти удовлетворительное значение ρ_1 разреза для пункта зондирования и насколько необоснованно бывает распределение этого значения на другие пункты. Повяты поэтому, сколь важно найти какую-либо возможность осуществлять беспараметрическую интерпретацию, что в нашем случае означало бы возможность раздельного определения величин h и ρ_1 из самой кривой ЧЗ B_z . Такая возможность в методе ЧЗ имеется и обусловлена она сравнительно малыми размерами диапазона эквивалентных разрезов. Наиболее просто оказывается реализовать беспараметрическую интерпретацию для разбираемых классов разрезов путем использования координат максимумов правой ветви кривых ЧЗ B_z .

Если разделить ординаты максимумов ρ_m / ρ_1 двухслойных кривых ЧЗ B_z на квадраты соответствующих абсцисс $(\lambda_1 / h_1)_m$, то получим

$$\frac{\rho_m}{\rho_1} : \left(\frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 = \frac{\rho_m}{\rho_1} : \frac{10 \rho_1}{h_1^2} \left(\frac{1}{\sqrt{f}} \right)_m^2 = \frac{\rho_m S_1^2}{10 (1/\sqrt{f})_m^2} \quad (3)$$

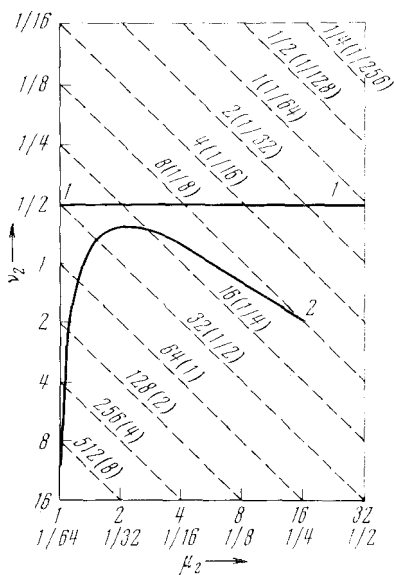


Рис. 4

Эта величина для каждой кривой с индексом r/h_1 имеет строго определенное значение и не зависит от величин ρ_1 и h_1 . График на рис. 3 дает зависимость между выражением (3) и r/h_1 .

3. В случае двухслойного разреза типа $\mu_2 = \infty$ значение h_1 определяется по графику рис. 3, в том числе и для неполной кривой ЧЗ B_z , т. е. для кривой, не имеющей левой асимптоты. Для этого необходимо по «практической» кривой снять координаты максимума правой ветви кривой: ρ_m и $(1/\sqrt{f})_m$, определить величину S_1 известной методикой и вычислить величину (3).

Полученная величина является ординатой для кривой рис. 3, по которой определяется абсцисса r/h_1 и, следовательно, h_1 , поскольку r (разнос) известен. Так как многослойная кривая ЧЗ B_z типа $\mu_n = \infty$ может быть представлена двухслойной кривой типа $\mu_2 = \infty$, то методика интерпретации, описанная для двухслойной кривой, в одинаковой мере пригодна и для многослойной кривой. Однако в отличие от двухслойных кривых раздельное (беспараметрическое) определение величин h и ρ_1 по многослойным кривым ограничено действием принципа эквивалентности, пределы которого по ординатам максимумов кривых ЧЗ B_z показаны на рис. 4. На этом рисунке совмещены монограммы для кривых ЧЗ B_z классов H и A типа $\mu_3 = \infty$. По оси ординат отложены значения v_2 , относящиеся к обоим классам кривых. Значения μ_2 , отложенные на оси абсцисс, в пределах $1/64 - 1/2$ относятся к классу H , а в пределах $1 - 32$ относятся к классу A . Наклонные пунктиры являются линиями равных значений S_2/S_1 . Для класса H они меняются от 512 до $1/2$, а для класса A от 8 до $1/256$ (в скобках).

Верхняя часть рисунка до уровня $v_2 = 1/2$, отделенная от нижней сплошной линией $I-I$, является областью эквивалентных разрезов класса H для

$r/h_1 = 6$, тогда как вся остальная (подавляющая) площадь рисунка является областью не эквивалентных разрезов.

Для разрезов класса A сплошная (толстая) линия 2—2 отделяет эквивалентные разрезы (верхняя часть) от не эквивалентных (нижняя часть) также для $r/h_1 = 6$. С увеличением r/h_1 диапазон эквивалентных разрезов классов H и A несколько увеличивается. Правильное раздельное определение величин h и ρ_l описанной методикой может иметь место только вне диапазона эквивалентных разрезов.

Кроме того, как видно из рис. 3, разрешающая способность этой методики интерпретации, использующей координаты максимумов кривых ЧЗ B_z , различна для различных значений r/h ; она увеличивается с уменьшением последней. Поэтому практически необходимо стремиться во всех случаях производить зондирования с малыми разносами.

Для контроля проведенной интерпретации полезно использовать формулы (1) и (2), по которым значения h и ρ_l должны совпадать между собой и с данными, полученными описанной методикой. При наличии несопадений необходимо проанализировать причины, которые могут представлять самостоятельный интерес. В частности, такой причиной может быть наклон верхней границы опорного горизонта.

Геологический институт
Академии наук СССР
Москва

Поступило
10 V 1972