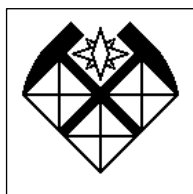


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ



**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ**

И.А. Доброхотова, К.В. Новиков

ПРАКТИКУМ

ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ВЭЗ

Учебное пособие для специальности 130201
«геофизические методы поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых»

Москва – 2009

УДК 550.837

И.А. Доброхотова, К.В. Новиков. Практикум по интерпретации ВЭЗ.
Учебное пособие для студентов дневного, вечернего и заочного обучения.
М.: РГГРУ, 2009.

Оглавление

Введение.....	- 4 -
1. Физические основы вертикального электрического зондирования.....	- 5 -
1.1. Типы кривых ВЭЗ.....	- 5 -
1.2. Продольная проводимость и поперечное сопротивление.....	- 7 -
1.3. Принцип эквивалентности для слоистых разрезов.....	- 8 -
2. Решение прямых задач ВЭЗ.....	- 8 -
2.1. Расчет кажущегося сопротивления для двухслойного геoeлектрического разреза.....	- 8 -
2.2. Расчет кажущегося сопротивления для трехслойного и многослойного разреза.....	- 11 -
3. Ручная интерпретация результатов ВЭЗ.....	- 12 -
3.1. Ручная интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ.....	- 12 -
3.2. Ручная интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ (ρ_2 – известно)-	14 -
4. Основы компьютерной интерпретации данных ВЭЗ.....	- 16 -
Компьютерная интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ.....	- 16 -
Компьютерная интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ.....	- 17 -
Компьютерная интерпретация четырехслойных и многослойных кривых ВЭЗ.....	- 17 -
5. Интерпретации кривых ВЭЗ в программе IPI2Win.....	- 18 -
5.1. Обзор возможностей и основные функции программы IPI2Win. -	19 -
Ввод данных.....	- 19 -
Форматы файлов данных.....	- 21 -
Открытие файла данных.....	- 24 -
Задание координат пикетов ВЭЗ.....	- 24 -
Задание рельефа профиля (высот пикетов ВЭЗ).....	- 25 -
Изменение числа слоев.....	- 26 -
Просмотр кривых и моделей.....	- 26 -
Интерпретация ВЭЗ в программе IPI2Win.....	- 27 -
Изменение свойств слоев.....	- 27 -
Перенос модели с другой точки ВЭЗ.....	- 28 -
5.2. Интерпретация кривых ВЭЗ в программе IPI2Win.....	- 28 -
5.3. Интерпретация данных ВЭЗ с воротами.....	- 33 -
6. Качественная интерпретация кривых ВЭЗ.....	- 36 -
6.1. Интерпретация кривых ВЭЗ методом S.....	- 36 -
6.2. Построение разрезов ρ_k	- 40 -
7. Расчет установки для вертикального электрического зондирования. -	41 -
Итоговое задание.....	- 45 -
Приложение 1.....	- 55 -
Приложение 2.....	- 56 -
Список литературы.....	- 57 -

Введение

1. Физические основы вертикального электрического зондирования

Зондирование – это изучение геоэлектрического разреза по вертикали, то есть на глубину. В электроразведке существует два принципа зондирования: *геометрический* и *частотный*. Электрические зондирования в методе сопротивлений являются типичным представителем геометрических зондирований, то есть глубинность их исследований зависит от расстояния между приемными и питающими электродами, чем больше это расстояние – тем больше глубинность. Метод при котором проводятся многократные измерения с четырехэлектродной симметричной установкой при возрастающем расстоянии между питающими заземлениями и постоянном положении ее центра называется методом *вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)*

В зависимости от применяемых установок электрические зондирования бывают: четырехточечные ($AMNB$), трехточечные (AMN , B_∞), двухточечные (AM , N_∞ , B_∞), дипольные. Далее будем рассматривать четырехточечные (симметричные) зондирования, в которых изучают зависимость ρ_k от расстояния $AB/2$. Они получили наибольшее распространение в электроразведке.

1.1. Типы кривых ВЭЗ

Графики зависимости ρ_k от полуразноса $AB/2$ называются *кривыми ВЭЗ*. Тип кривых электрических зондирований зависит от соотношения параметров слоев в геоэлектрическом разрезе (рис. 1.1.1.). В зависимости от количества слоев в горизонтально слоистом разрезе его называют двухслойным, трехслойным, четырехслойным и т.д., также именуют и соответствующие кривые ВЭЗ. Кривые ВЭЗ строятся в билогарифмическом масштабе, с модулем¹ 6.25 см. По оси абсцисс откладывается $AB/2$ в метрах, а по оси ординат ρ_k в Ом·м.

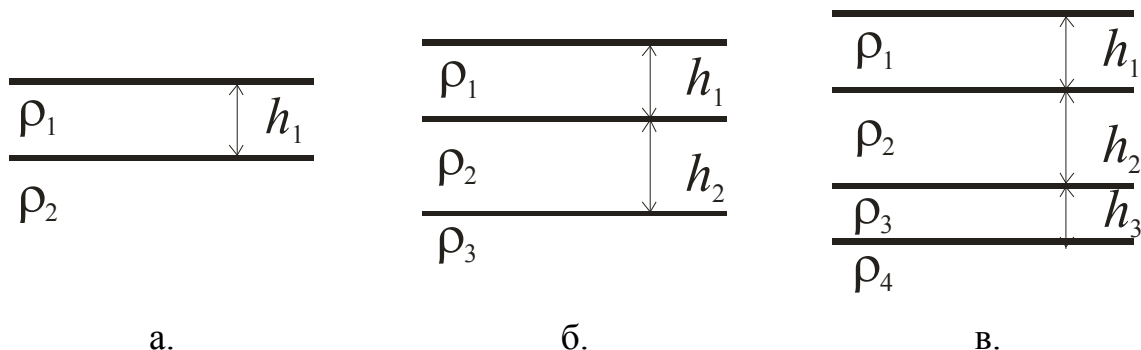


Рис. 1.1.1. Слоистые геоэлектрические разрезы: а – двухслойный, б - трехслойный, в – четырехслойный.

¹ Модуль билогарифмического бланка – это расстояние между декадами, например, между 1 и 10, или 10 и 100, и т.д.

Рассмотрим некоторые типы кривых ВЭЗ и их особенности. Двухслойные кривые могут быть двух типов $\rho_1 > \rho_2$ (рис. 1.1.2.а), $\rho_1 < \rho_2$ (рис. 1.1.2.б). Отдельно можно выделить тип кривой, когда $\rho_2 \rightarrow \infty$, тогда правая ветвь кривой стремится к асимптоте под углом 45° . Необходимо отметить, что угол восхождения кривой ВЭЗ не может быть больше 45° , в противном случае измерения выполнены неверно или же есть какая-то помеха.

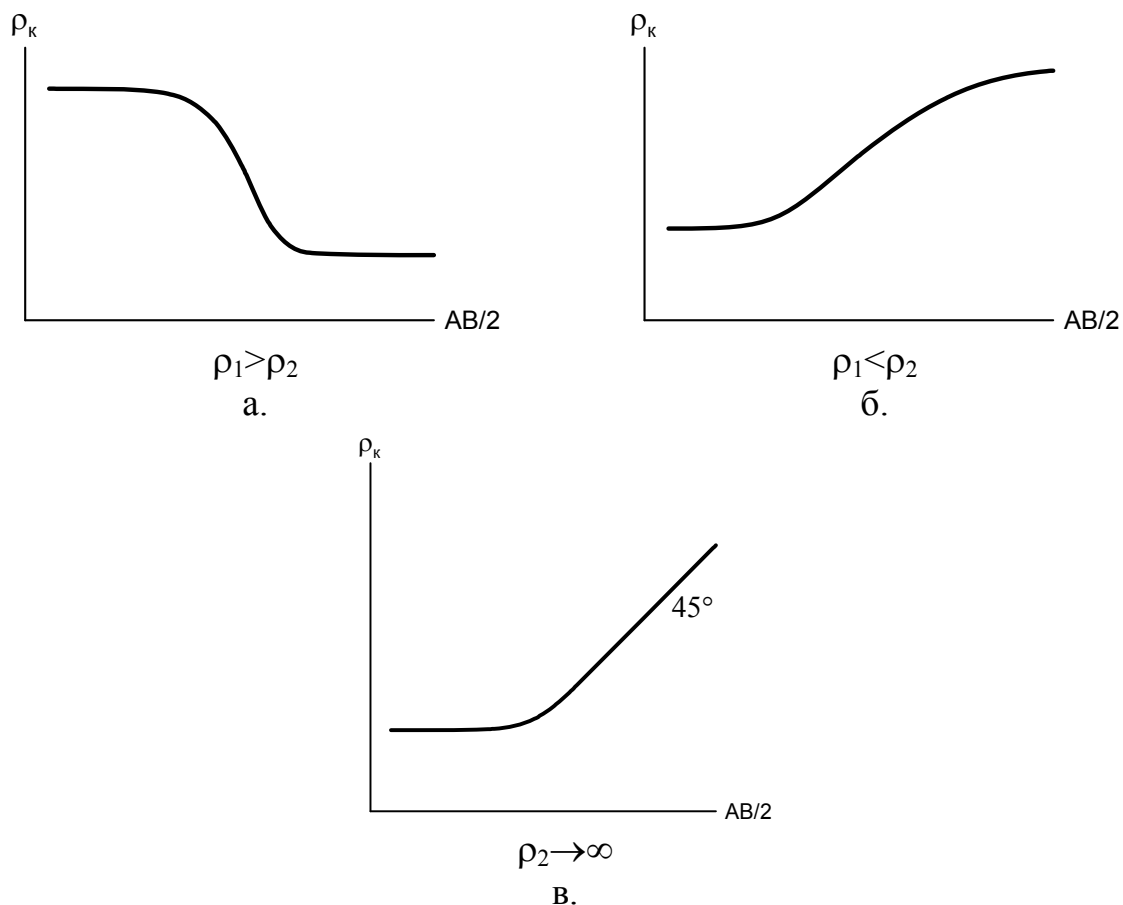
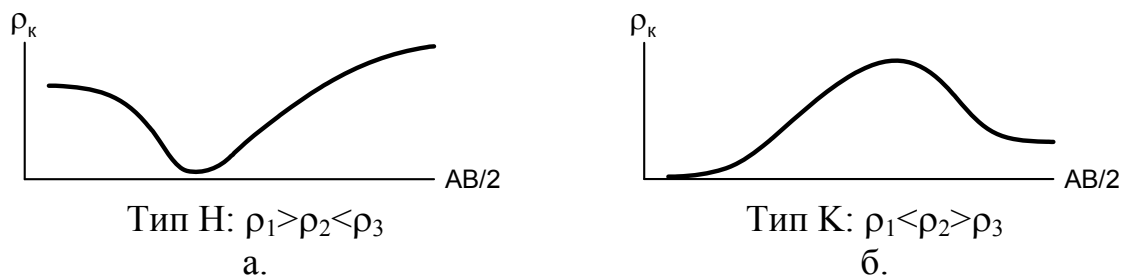


Рис. 1.1.2. Типы двухслойных кривых ВЭЗ

Для трехслойных геоэлектрических разрезов, в зависимости от соотношения параметров слоев, выделяют 4 типа трехслойных кривых, которые маркируются латинскими буквами Н, К, Q и А. (рис. 1.1.3.).



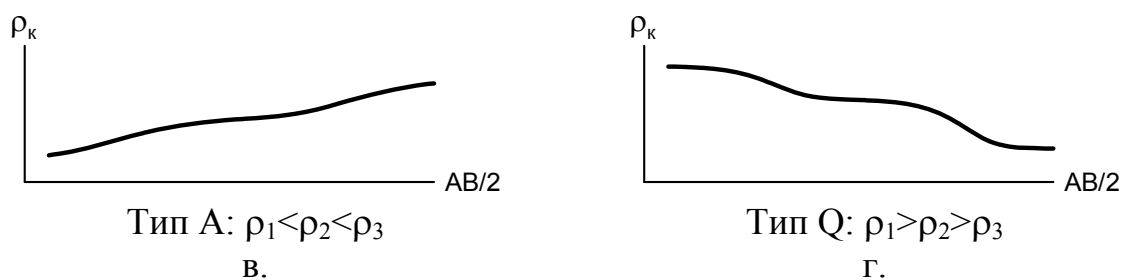


Рис. 1.1.3.. Типы кривых вертикального электрического зондирования.

Многослойные кривые маркируются несколькими буквами на основании разделения их на трехслойные кривые. Например, четырехслойные кривые могут быть НК (рис. 1.1.4.а), или НА (рис. 1.1.4.б.), а пятислойные НАА и т.д.

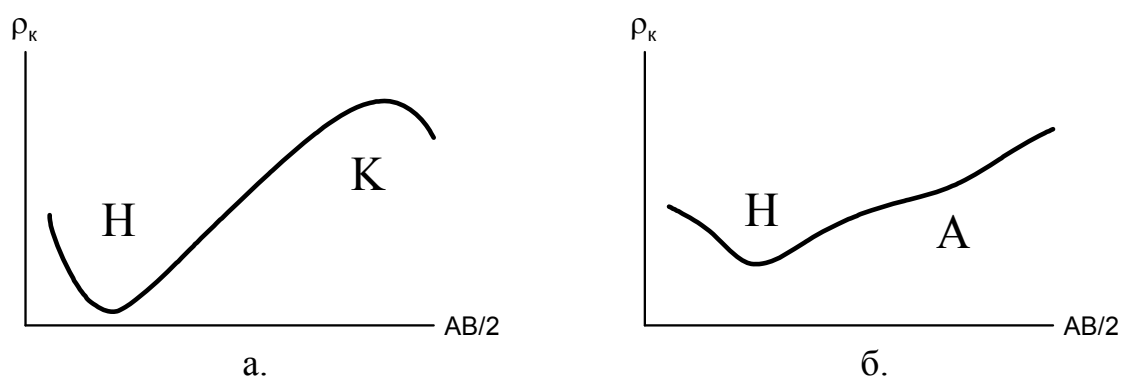


Рис. 1.1.4. Маркировка четырехслойных кривых ВЭЗ. а.– НК, б. – НА.

1.2 Продольная проводимость и поперечное сопротивление

В электроразведке в качестве характеристик геоэлектрического разреза часто применяются понятия продольной проводимости и поперечного сопротивления.

Продольная проводимость S однородного одиночного пласта – это проводимость объема породы в виде квадратной призмы с площадью основания s , равной 1 м^2 , и высотой, равной мощности пласта, в направлении, перпендикулярном одной из боковых граней этой призмы.

$$S_i = \frac{h_i}{\rho_i} \quad (1.2.1.)$$

Поперечное сопротивление T однородного одиночного пласта – это сопротивление той же призмы в направлении от одного основания призмы к другому, т.е. перпендикулярно к границам пласта.

$$T_i = \rho_i h_i \quad (1.2.2.)$$

Если в многослойном разрезе ток течет параллельно напластованию, то электрическое поле на поверхности определяется суммарной продольной проводимостью разреза. Если же ток течет перпендикулярно

напластованию, то электрическое поле на поверхности определяется в основном поперечным сопротивлением.

1.3. Принцип эквивалентности для слоистых разрезов

Электрические поля могут совпадать над различными геоэлектрическими разрезами, другими словами кривые ВЭЗ над такими разрезами будут одинаковы. Применительно к трехслойным геоэлектрическим разрезам принцип эквивалентности будет определяться параметрами второго (промежуточного) горизонта.

Для разрезов типа Н и А при равных параметрах первого и третьего горизонта эквивалентность определяется продольной проводимостью второго горизонта. Иными словами, кривые Н и А будут одинаковы, когда выполняется условие:

$$S_2 = \frac{\rho_2}{h_2} = const$$

Для разрезов типа К и Q при равных параметрах первого и третьего горизонта эквивалентность определяется поперечным сопротивлением второго горизонта. То есть, кривые будут одинаковы, когда выполняется условие:

$$T_2 = \rho_2 h_2 = const$$

Для многослойных геоэлектрических разрезов принцип эквивалентности будет гораздо сложнее, так как на форму кривой будут влиять все промежуточные слои.

2. Решение прямых задач ВЭЗ

2.1. Расчет кажущегося сопротивления для двухслойного геоэлектрического разреза

При графическом построении двухслойной кривой ВЭЗ, характеризующей заданный двухслойный геоэлектрический разрез с параметрами ρ_1 , h_1 , ρ_2 , можно использовать двухслойную палетку ВЭЗ, приведенную на рис. 3.1.

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

$$\rho_k = \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{12}^n \left(\frac{AB}{2h_1} \right)^3}{\left[\left(\frac{AB}{2h_1} \right)^2 + 4n^2 \right]^{3/2}} \right\} \quad (2.1.1.)$$

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 $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \mu$. Поэтому все теоретические кривые на палетке

индексированы значениями $\mu = \frac{\rho_2}{\rho_1}$.

Как следует из формулы (2.1.1) и видно из рисунка 2.1.1., левая асимптотическая ветвь двухслойной кривой ВЭЗ 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 $AB/2$), 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 $\rho_1 h_1$
2. Вычисляется значение $\mu = \frac{\rho_2}{\rho_1}$, соответствующее заданному разрезу.
3. Прозрачный билогарифмический бланк накладывается на двухслойную палетку таким образом, чтобы крест $\rho_1 h_1$ совместился с началом координат палетки, а оси абсцисс и ординат оставались параллельными.
4. На прозрачный бланк переносится теоретическая кривая с индексом μ , соответствующим заданному отношению ρ_2/ρ_1 . Если кривой с таким индексом нет; она находится с помощью интерполяции (в логарифмическом масштабе).

В современной электроразведке палетки уже не применяются, а используются специализированные программные пакеты, однако, используя математические программы или даже макросы к электронным таблицам, несложно рассчитать двухслойные кривые ВЭЗ по формуле (2.1.1).

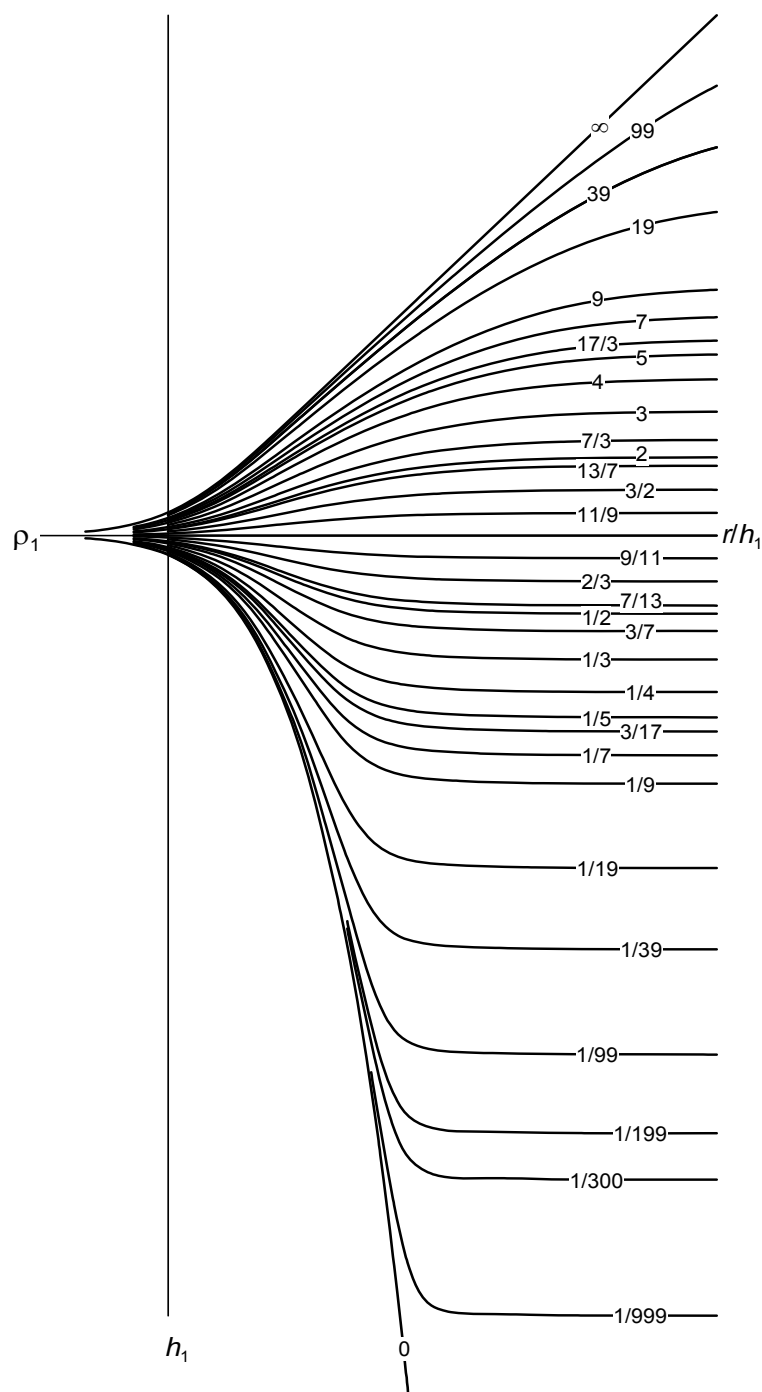


Рис. 2.1.1. Набор теоретических двухслойных кривых ВЭЗ.

Задание

В разрезе, представленном на рисунке 3.2-а первый горизонт сложен аллювиальными отложениями четвертичного возраста. Второй горизонт, представленный известняками, вскрыт скважинами на глубинах от 10 до 55 метров.

По данным петрофизических исследований и каротажа удельное электрическое сопротивление песков составляет 120 Ом·м, плотного известняка – 1440 Ом·м, мергеля – 640 Ом·м, глин, алевролитов – 80 Ом·м.

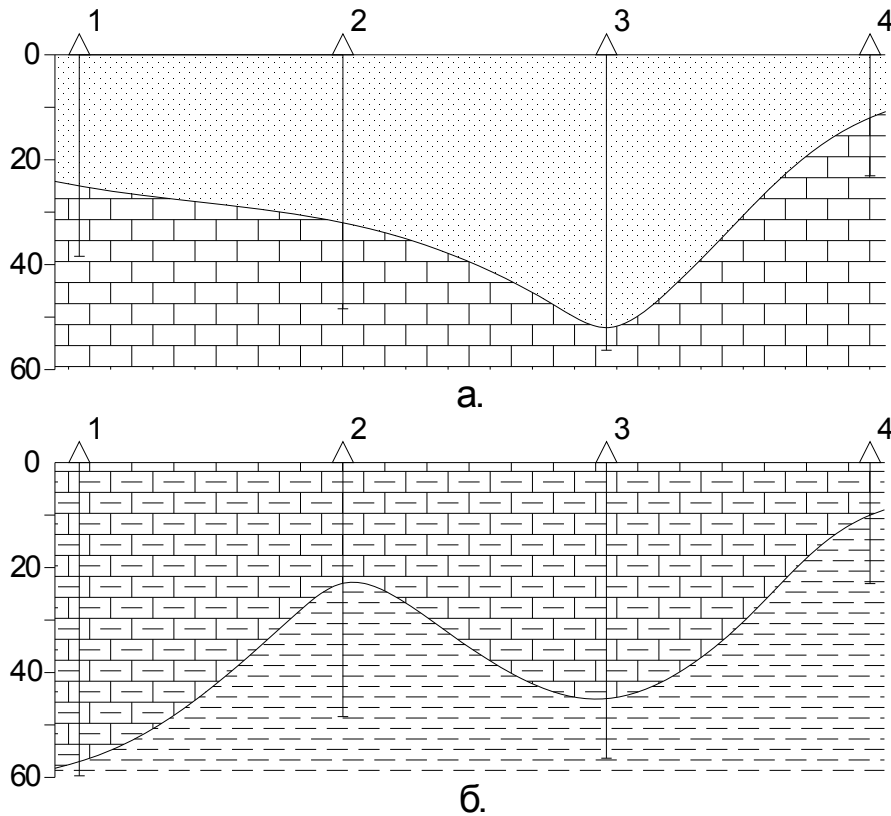


Рис. 2.1.2. Геологические разрезы.

Построить двухсловные кривые ВЭЗ и геоэлектрический разрез, соответствующие геологическим ситуациям, изображенным на разрезах (рис. 2.1.2. а и б) путем построения кривой с помощью палетки или рассчитать по формуле (2.1.1.).

2.2. Расчет кажущегося сопротивления для трехслойного и многослойного разреза

Из решения прямой задачи для n -слойной горизонтально-слоистой среды можно получить формулу для кажущегося сопротивления:

$$\rho_k = \rho_1 \left(1 + r^2 \int_0^{\infty} \bar{R}_1(m) J_1(mr) dm \right), \quad 2.2.1.$$

где r – расстояние от точки наблюдения до источника; $J_1(mr)$ – функция Бесселя первого порядка, m – переменная интегрирования, $R_1(m)$ – функция влияния среды (ядерная функция, кернел-функция), которую можно представить в виде суммы гиперболических функций, $\bar{R}_1(m) = R_1(m) - 1$.

$$R = \text{th} \left\{ mh_1 + \text{arth} \frac{\rho_2}{\rho_1} \text{th} \left[mh_2 + \text{arth} \frac{\rho_3}{\rho_2} \text{th} [mh_3 + \dots + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + \text{arth} \frac{\rho_{n-1}}{\rho_{n-2}} \text{th} \left(mh_{n-1} + \text{arth} \frac{\rho_n}{\rho_{n-1}} \right) \right] \right] \right\}, \quad 2.2.2.^2$$

3. Ручная интерпретация результатов ВЭЗ.

Интерпретацию результатов вертикального электрического зондирования проводят с целью получения по данным ВЭЗ геологической информации.

Качественная интерпретация ВЭЗ позволяет получить общее представление о геологическом строении района, и может проводиться различными способами, такими как сравнительный анализ и построение карт кривых ВЭЗ, построение вертикальных разрезов кажущихся сопротивлений, карт изомов, карт равных значений S и T и т.д.

Количественная интерпретация проводится для установления параметров геоэлектрического разреза – мощности и удельного электрического сопротивления горизонтов.

Ранее вся интерпретация проводилась вручную, при помощи наборов теоретических кривых (палеток), и была достаточно трудоемка. С появлением ЭВМ интерпретация и моделирование стали проводиться с помощью специальных программ. Алгоритмов компьютерной интерпретации довольно много, и они широко освещены в специальной литературе. Одной из первых работ в этом направлении можно считать монографию голландского геофизика О. Куфуда «Зондирование методом сопротивлений», вышедшую в 1984 году. Однако стоит отметить, что большинство алгоритмов интерпретации сводится подбору теоретической кривой и сравнению ее с экспериментальной (полевой).

3.1. Ручная интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ

Интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ с помощью палетки (рис 3.1.) 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.

² Формула справедлива только когда $\rho_1 < \rho_{n-1}$, а когда $\rho_1 > \rho_{n-1}$ th необходимо заменить сth.

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 .
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

1. Для заданных двухслойных кривых ВЭЗ, представленных на рис. 3.1.1. определить параметры ρ_1 , h_1 и ρ_2 и построить геоэлектрический разрез.
 Расстояние между точками зондирования (ВЭЗ №1, ВЭЗ №2, ВЭЗ №3, ВЭЗ №4) составляют 500 м.
2. Построить кривые ВЭЗ по данным, приведенным в таблице 3.1.1. и провести их интерпретацию и построить геоэлектрический разрез.
3. Сравните полученные геоэлектрические разрезы и кривые ВЭЗ.

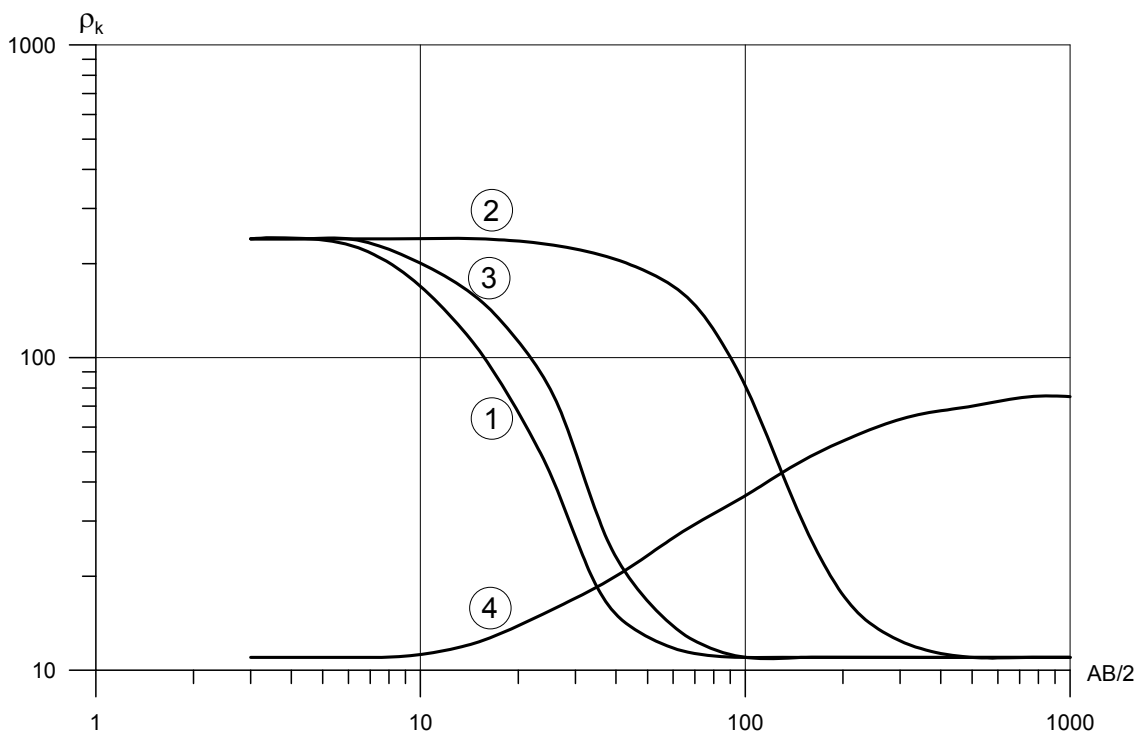


Рис. 3.1.1. Графики ρ_k ВЭЗ.

Таблица 3.1.1.

AB/2, м	$\rho_{кз}$ Ом·м				
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5
3	104	119	206	214	246
4,5	109	122	217	233	280
6	117	128	234	259	325
9	142	148	281	325	423
15	205	204	387	453	591
25	308	301	528	612	785
40	435	422	670	762	959
65	593	571	805	899	1110
100	744	712	901	990	1205
150	880	835	964	1047	1261
225	995	938	1002	1080	1293
325	1074	1007	1022	1097	1309
500	1134	1059	1034	1107	1317

3.2. Ручная интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ (ρ_2 – известно)

Интерпретация трехслойных кривых базируется на принципе эквивалентности и заключается в сопоставлении экспериментальной и теоретической кривой.

Принцип эквивалентности гласит, что над трехслойными разрезами одного типа, но с различными параметрами промежуточного (второго) горизонта, могут быть получены одинаковые кривые ВЭЗ.

Для трехслойных кривых типа Н и А условием эквивалентности будет являться постоянство продольной проводимости S второго горизонта, т.е. $S_2 = \rho_2/h_2 = \text{const}$.

Для трехслойных кривых типа К и Q условием эквивалентности будет являться постоянство поперечного сопротивления T второго горизонта, т.е. $T_2 = \rho_2 h_2 = \text{const}$.

Физически это объясняется тем, что при переходе из одного пласта в другой ток стремится течь либо вдоль напластования (Н и А), либо поперек (К и Q).

Палеточная интерпретация сводится к следующему:

1. с помощью двухслойной палетки по левой ветви трехслойной кривой определяют $\rho_1 h_1$ и μ ;
2. по асимптотическим значениям правой ветви оценивают ρ_3

3. выбирают семейство кривых для производства дальнейшей интерпретации, составляя шифр семейств $H - \mu' - \left(\frac{\rho_3}{\rho_1}\right)'$, где H – тип кривой; μ' – палеточное значение μ , ближайшее к определенному в п.1 и выбранное по ключу альбома палеток, расположенному на первой странице альбома; $(\rho_3/\rho_1)'$ – ближайшее к определенному 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:

$$h_2 = \frac{\nu h_1}{\mu \rho_1} \rho_2 \quad \text{для кривых типа } H \text{ и } A;$$

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

Задание

1. Построить кривые ВЭЗ по данным в таблице 3.2.1. и 3.2.2.
2. Определить тип кривых.
3. Найти удельные сопротивления и мощности, характеризующие трехслойный разрез, над которым были получены данные кривые.
4. Построить геоэлектрические разрезы, учитывая, что расстояние между точками зондирования – 100 м.

Таблица 3.2.1.

AB/2, м	$\rho_{к2}$, Ом·м, ($\rho_2=12$ Ом·м).				
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5
1,5	66	62	66	62	64
3	51	39	52	43	49
4,5	38	24	36	28	36
6	28	20	26	22	28
9	19	19	24	21	20
15	20	27	32	27	23
25	29	42	50	41	33
40	42	71	79	64	50
65	70	116	108	97	71
100	101	174	142	124	97
150	136	239	172	159	128

Таблица 3.2.2.

AB/2, м	ρ_k , Ом·м, ($\rho_2=200$ Ом·м).				
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5
1,5	40	41	44	42	39
3	46	47	59	52	42
4,5	58	54	73	68	48
6	68	63	89	80	55
9	80	75	105	90	65
15	78	80	112	75	85
25	60	70	90	50	85
40	35	44	52	24	65
65	20	23	28	16	40
100	18	17	20	14	22
150	16	15	18	14	18

4. Основы компьютерной интерпретации данных ВЭЗ

Компьютерная интерпретация двухслойных кривых ВЭЗ

Интерпретация двухслойных кривых осуществляется следующим образом:

1. Ввод кривой ρ_k (AB/2, ρ_k) на экране, как правило, появляется кривая.
2. Составление стартовой модели геоэлектрического разреза, то есть задание ρ_1 , ρ_2 и h_1 по виду полевой кривой, на основе опыта интерпретатора или предыдущих моделей.
3. Расчет двухслойной теоретической кривой ρ_k ВЭЗ, на основании созданной модели. Получено 2 кривых – теоретическая и полевая (экспериментальная).
4. Сравнение теоретической и полевой кривой. Исправление геоэлектрической модели на основании сравнения.
5. Продолжение цикла (3–4) до совпадения теоретической и полевой кривой с заданной точностью.
6. Последняя модель является искомым геоэлектрическим разрезом.

Примечание: кроме двухслойного геоэлектрического разреза, как правило, строится еще разрез кажущихся сопротивлений.

Компьютерная интерпретация трехслойных кривых ВЭЗ

В зависимости от того известно или не известно ρ_2 , интерпретация осуществляется несколько по-разному.

При ρ_2 – известно:

1. Ввод кривой ρ_k ($AB/2, \rho_k$), на экране появляется кривая.
2. Составление стартовой модели геоэлектрического разреза, то есть задание $\rho_1, \rho_2, \rho_3, h_1, h_2$ по виду полевой кривой, на основе опыта интерпретатора или предыдущих моделей, с учетом того, что ρ_2 – известно.
3. Расчет трехслойной теоретической кривой ρ_k ВЭЗ, на основании созданной модели. Получено 2 кривых – теоретической и полевой (экспериментальной).
4. Сравнение ρ_k^T (теоретической) и ρ_k^P (полевой) кривой. Исправление геоэлектрической модели на основании сравнения.
5. Продолжение цикла (3–4) до совпадения ρ_k^T и ρ_k^P с заданной точностью.
6. Последняя модель является искомым геоэлектрическим разрезом.

При заранее неизвестном ρ_2 интерпретация осуществляется так, как это было при известном ρ_2 , а отличается тем, что ρ_2 задается лишь на основании анализа кривой. В результате, полученный геоэлектрический разрез будет одним из многих возможных вариантов реального разреза. Так как в этом случае надежно определяются только лишь ρ_1, h_1, S_2 (или T_2 в зависимости от типа кривой), в соответствии с принципом эквивалентности, и ρ_3 .

Компьютерная интерпретация четырехслойных и многослойных кривых ВЭЗ

Интерпретация четырехслойных и многослойных разрезов отличается только увеличением количества параметров и усложнением принципа эквивалентности.

Рассмотрим случай, когда УЭС ($\rho_2, \rho_3, \dots, \rho_{n-1}$) промежуточных горизонтов известны:

1. Ввод кривой ρ_k ($AB/2, \rho_k$) на экране, как правило, появляется кривая.
2. Составление стартовой модели геоэлектрического разреза, то есть задание $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n, h_1, h_2, \dots, h_{n-1}$, по виду полевой кривой, на основе опыта интерпретатора или предыдущих моделей, с учетом того, что $\rho_2, \rho_3, \dots, \rho_{n-1}$ – известны.

3. Расчет многослойной теоретической кривой ρ_k ВЭЗ, на основании созданной модели. Получено 2 кривых – теоретической и полевой (экспериментальной).
4. Сравнение ρ_k^T (теоретической) и ρ_k^P (полевой) кривой. Исправление геоэлектрической модели на основании сравнения.
5. Продолжение цикла (3–4) до совпадения ρ_k^T и ρ_k^P с заданной точностью.
6. Последняя модель является искомым геоэлектрическим разрезом.

При неизвестном удельном электрическом сопротивлении промежуточных горизонтов ($\rho_2, \rho_3, \dots, \rho_{n-1}$) возможно достоверно установить лишь продольную проводимость S или поперечное сопротивление T , а так же пределы изменения ρ_i, h_i соответствующего горизонта.

5. Интерпретации кривых ВЭЗ в программе IPI2Win

Программа IPI2Win разработана специалистами МГУ (Бобачев А.А., Шевнин В.А., Модин И.Н.) с использованием системы программирования Delphi 5 фирмы Borland Int.

Программа IPI2Win разработана для автоматической и полуавтоматической (интерактивной) интерпретации данных различных модификаций вертикальных электрических зондирований, в том числе традиционными установками. Программа IPI2Win предназначена для использования на персональных компьютерах с операционной системой Windows '95/'98/NT/2000/XP.

IPI2Win предназначена для одномерной интерпретации данных ВЭЗ по одному профилю наблюдений. Предполагается, что пользователь программы – специалист-геофизик, который ставит целью интерпретации как удовлетворительный подбор кривых, так и решение геологической задачи. Нацеленность на геологический результат является отличительной особенностью программы IPI2Win по сравнению с распространенными программами автоматического решения обратной задачи.

Особое внимание уделено интерактивной интерпретации и используемому при этом дружественному интерфейсу пользователя. Удобная система управления позволяет интерпретатору выбрать из множества эквивалентных то решение, которое окажется наилучшим как с геофизической (т. е. обеспечит минимальную невязку подбора), так и с геологической (т. е. обеспечит геологическую значимость геоэлектрического разреза) точки зрения. Подход к интерпретации, реализованный в IPI2Win, основан на выборе концепции геологического

строения по профилю и позволяет наилучшим образом использовать априорную информацию в сложных геологических ситуациях.

Рассмотрим кратко основные функции пакета IPI2Win, подробная инструкция находится в папке вместе с программой ³.

5.1. Обзор возможностей и основные функции программы IPI2Win

При описании программы будем использовать следующие обозначения и правила оформления:

<i>Файл</i> ⇒ <i>Новый пикет ВЭЗ</i>	Пути в меню
[Ctrl+Ins]	Сочетания клавиш
{ <i>Копировать</i> } 	Кнопка и ее название
<i>Новый пикет ВЭЗ</i>	Заголовки окон


Программа IPI2Win имеет следующие возможности.

1. Задание топографии: идентификация данных, задание положения пикетов ВЭЗ, задание рельефа профиля (высот пикетов ВЭЗ), сохранение и отмена изменений
2. Корректировка данных: создание профиля из нескольких файлов, ввод данных.
3. Просмотр данных: просмотр кривых и моделей, просмотр разрезов, просмотр разрезов, масштаб разреза, подписи на разрезах, управление цветами на разрезах.
4. Интерпретация кривых ВЭЗ: создание и изменение модели, изменение числа слоев, изменение свойств слоев, перенос модели с другой точки ВЭЗ, сброс модели, отказ от изменений
5. Автоматическая интерпретация кривых ВЭЗ: метод наименьшего числа слоев, метод регуляризованного подбора (алгоритм Ньютона).
6. Интерактивная интерпретация.
7. Редактирование модели на геоэлектрическом разрезе.
8. Дополнительные средства интерпретации: оценка пределов действия принципа эквивалентности, вычисление суммарной продольной проводимости, разрез невязки подбора, вертикальная производная, горизонтальная производная
9. Результаты интерпретации: сохранение результатов, формат файла результатов, печать разрезов, сохранение изображения разреза.

Ввод данных

Обычно файл типа dtg создается средствами отдельного текстового редактора (например, Блокнот Windows). Чтобы вызвать внутренний

³ По умолчанию это путь C:\Program Files\ipi2win_VES\wipi_ru.doc

редактор IPI2Win для создания файла данных, выберите пункт меню **Файл**⇒**Новый пункт ВЭЗ** или щелкните по кнопке  панели управления или нажмите клавиши [Ctrl-Alt-N]. Появится окно *Новый пункт ВЭЗ* (рис. 5.1.1.).

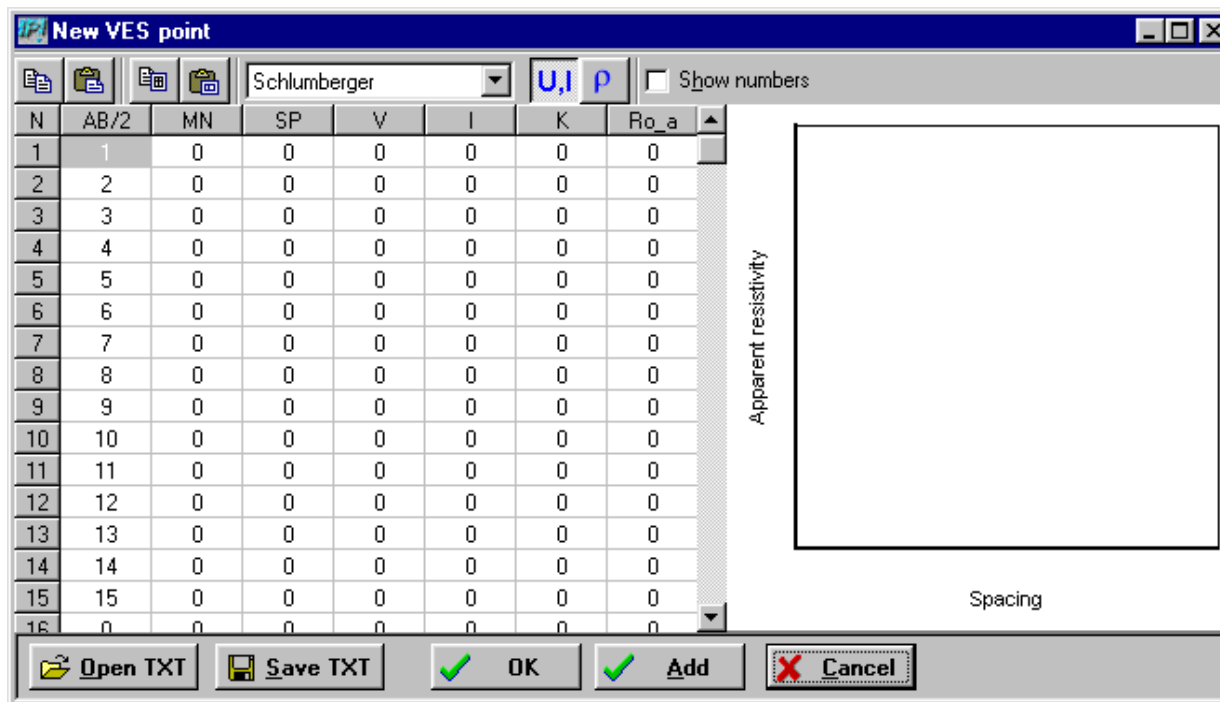








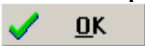
Рис. 5.1.1. Окно внутреннего редактора

В правой части окна изображена кривая кажущегося сопротивления.

В левой части окна расположена таблица полевых данных, каждая строка которой соответствует разному. В колонки таблицы заносятся данные о разносах (в колонку $AB/2$), длине приемной линии (MN), кажущейся поляризуемости (SP), измеренной разности потенциалов (U), токе в питающей линии (I), коэффициенте установки (K), кажущемуся сопротивлению (Ro_a). Значения разносов и длин приемных линий следует впечатать в соответствующие ячейки таблицы. Чтобы ввести значения разности потенциалов, тока и кажущейся поляризуемости, нажмите кнопку $\{Input\ SP, U, I\}$  затем впечатайте значения в соответствующие ячейки таблицы. Чтобы ввести значения кажущегося сопротивления, нажмите кнопку $\{Input\ app. Resist\}$ , затем впечатайте значения в соответствующие ячейки таблицы. При редактировании таблицы можно использовать кнопки $\{Копировать\}$  и $\{Вставить\}$  окна *New VES point*. Кроме этого, таблицу такой же структуры можно создать и заполнить в каких-либо электронных таблицах, запомнить в Буфере обмена и затем вставить в окно *New VES point*. Таблицу из электронных таблиц можно сохранить в виде текстового файла, который можно импортировать в окно *New VES point*, щелкнув по кнопке the $\{Open\ TXT\}$  окна *New VES point*.

Содержимое таблицы окна *New VES point* можно также сохранить в виде текстового файла, щелкнув по кнопке {Save TXT}  окна *New VES point*.

Тип установки выбирается из выпадающего списка окна *New VES point*.

После того, как все данные по пикету введены, щелкните по кнопке {Add} окна *New VES point*, чтобы добавить кривую в конец ныне открытого профиля, или по кнопке {OK}  окна *New VES point*, чтобы начать создание нового файла данных. В любом случае появится окно *Сохранить как...*, в котором следует выбрать имя файла или напечатать его в строке *Имя файла*.

Форматы файлов данных

Для начала интерпретации в программе IPI2Win необходим файл данных определенного формата, содержащий информацию о системе наблюдений и значения кажущегося сопротивления для кривых без «ворот» (*.dat) или с «воротами» (*.dtg). Файл типа dtg может содержать значения разности потенциалов и тока в питающей линии для симметричной и трехэлектродной установок Шлюмберже.

Структура dat-файла

Файл типа dat является текстовым (ASCII или Windows) файлом определенной структуры, имя которого имеет расширение DAT. Формат данных всех строк кроме 5 может быть произвольным.

1-я и 2-я строки: произвольный текст

3-я строка: три целых числа и один символ, разделенные пробелами.

1-е целое число (N_{pt}) обозначает количество точек ВЭЗ в файле (до 400)

2-е целое число - 0, если файл содержит данные ВЭЗ (режим ВЭЗ), или 1, если файл содержит данные ВЭЗ/ВП (режим ВЭЗ-ВП).

3-е целое число ($N_{spc\ max}$) обозначает наибольшее число значение кажущегося сопротивления в одной точке ВЭЗ, то есть максимальное число разносов (до 50).

Символ – один из следующих: S, V, W, D, N, U, L, Z, B - обозначает тип установки зондирования: S - Шлюмберже и дипольную экваториальную, V, W, N - Веннера, D - дипольную осевую, U - потенциал-установку АМ, L - установку с линейными питающими электродами, Z - вертикальная установка для речных зондирований, B - донная установка для речных зондирований (установка Шлюмберже на подошве 1-го слоя).

4-я строка. Список разносов из $N_{\text{spc_max}}$ элементов, разделенных пробелами. Разносы должны быть расположены в порядке от наименьшего до наибольшего. Под разносом понимается:

для установки Шлюмберже (симметричной) - половина расстояния между питающими электродами;

для установки Шлюмберже (трехэлектродной) - расстояние от питающего электрода до середины измерительной линии;

для установки Веннера - половина расстояния между питающими электродами (V) или одна треть расстояния между крайними электродами (W, N [дипольная осевая с равным расстоянием между электродами - Веннер β]);

для дипольной осевой установки - половина расстояние между серединами питающей и измерительной линий.

5-я строка: до 10 символов, начиная с 1 позиции строки - имя текущей точки ВЭЗ.

6-я строка: в режиме ВЭЗ: одно целое число - количество значений кажущегося сопротивления для текущей точки ВЭЗ $N_{\text{spc_rho}}$. Это значение не должно превосходить значение $N_{\text{spc_max}}$; в режиме ВЭЗ/ВП: два целых числа, разделенных пробелами - количество значений кажущегося сопротивления $N_{\text{spc_rho}}$ и количество значений кажущейся поляризуемости $N_{\text{spc_eta}}$ для текущей точки ВЭЗ. Ни одно из чисел $N_{\text{spc_rho}}$ и не должно превосходить $N_{\text{spc_max}}$.

7-я строка: список значений кажущегося сопротивления из $N_{\text{spc_rho}}$ элементов, разделенных пробелами. Элементы располагаются в порядке следования разносов.

Строки с 5-й по 7-ю (в режиме ВЭЗ/ВП - по 8-ю) повторяются N_{pt} раз, три строки на каждую точку зондирования. Точки ВЭЗ в файле должны следовать в том же порядке, что и на профиле наблюдений.

*Структура *.dtg файла*

Файл типа dtg является текстовым файлом определенной структуры, имя которого имеет расширение *.dtg (в кодировке ASCII или Windows) и используется при интерпретации кривых ВЭЗ с «воротами» (Приложение I).

1-я и 2-я строки: произвольный текст, сюда пишутся различные комментарии, например, организация, название площади работ, исполнители и т.д.

3-я строка: пять целых чисел и один символ, разделенные пробелами.

- 1-е целое число (N_{pt}) обозначает количество точек ВЭЗ в файле (до 400).
- 2-е целое число – 0 (вводится для совместимости с более ранними версиями программы).

- 3-е целое число ($N_{spc\ max}$) обозначает наибольшее число значений кажущегося сопротивления в одной точке ВЭЗ, то есть максимальное число разносов питающей линии (до 50). Без учета повторяющихся разносов.
- 4-е целое число (N_{segm}) обозначает количество ворот, то есть на единицу меньше количества измерительных линий N_{mn} . Для кривой без «ворот» $N_{segm}=0$ (одна измерительная линия), $N_{segm}=1$ для кривой с одними «воротами» (две измерительных линии) и т. д.
- 5-е целое число (K_D) обозначает тип данных.

$K_D=0$ если файл содержит значения кажущегося сопротивления.

$K_D =3$ и $K_D =4$ если файл содержит значения разности потенциалов и токов питающей линии (ток не стабилизирован; каждому измерению соответствует значение тока) для трехэлектродной и симметричной установок Шлюмберже соответственно.

$K_D= -3$ и $K_D= -4$ если файл содержит значения разности потенциалов (ток стабилизирован; значение тока одно и то же для всех измерений) для трехэлектродной и симметричной установок Шлюмберже соответственно.

Символ – один из следующих: S, Q, V, W, D, U или L – обозначает тип установки зондирования: S – Шлюмберже, V, W – Веннера, D – дипольную осевую, U – потенциал установку АМ, L – установку с линейными питающими электродами. Если «ворота» образуются по измерениям на одном разносе, после буквы ставится символ ‘_’; в противном случае считается, что «ворота» образуются измерениями на двух последовательных разносах.

4-я строка: для кривых с «воротами» – список номеров (НЕ значений) разносов, на которых начинаются «ворота», из N_{segm} элементов, разделенных пробелами. Для кривой без ворот ($N_{segm}=0$) 4-ю строку оставляют пустой (но НЕ пропускают).

5-я строка: список длин измерительных линий из $N_{segm}+1$ элементов, разделенных пробелами.

6-я строка: Список разносов питающей линии АВ/2 из N_{spc_max} элементов, разделенных пробелами. Разносы должны быть расположены в порядке от наименьшего до наибольшего.

7-я строка: если $K_D=-3$ or $K_D=-4$ (стабилизированный ток), 7-я строка содержит одно число – значение тока в питающей линии. В противном случае эта строка пропускается, и описание точек ВЭЗ начинается сразу после 6-й строки.

8-я (7-я) строка: до 8 символов, начиная с 1 позиции строки – имя текущей точки ВЭЗ.


9-я (8-я) строка: одно целое число – количество значений кажущегося сопротивления для текущей точки ВЭЗ N_{spc} . Это значение не должно превосходить значение $N_{spc\ max}$.


10-я (9-я) строка: список значений кажущегося сопротивления. Для кривых с воротами сначала указывается значение кажущегося сопротивления на меньшем измерительном разnose, а потом не большем.

(10-я) строка: список значений тока в питающей линии.

Элементы списков располагаются в порядке следования разносов.

Открытие файла данных

Для того чтобы загрузить в программу данные необходимо открыть dtg или dat файл. Это делается путем нажатия кнопки {Новый профиль} . Если нажать на стрелку справа от кнопки, то появиться список последних открытых файлов.

Если в файле содержится ошибка, то программа выдаст диалоговое окно, приведенное на **рис. 5.1.2**. Для ее исправления можно вызвать текстовый редактор Блокнот, путем нажатия кнопки Правка . После исправления ошибки необходимо закрыть редактор с сохранением данных

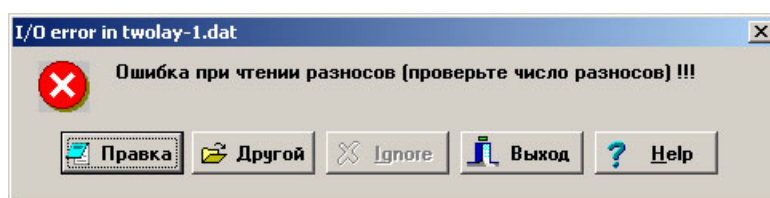



Рис. 5.1.2. Ошибка чтения файла.

Задание координат пикетов ВЭЗ

Информация об именах пикетов ВЭЗ, их положении на профиле и высотных отметках представлены в виде таблицы. Содержимое ячеек таблицы может быть изменено путем набора текста. При редактировании можно использовать кнопки {Копировать} и {Вставить} окна *Топография*, а также стандартные сочетания клавиш для этих операций – [Ctrl-Ins] и [Shift-Ins] соответственно. Любую операцию редактирования можно отменить нажатием кнопки *Отмена*  *Отмена* окна *Топография*.

Текущие имена пикетов ВЭЗ открытого файла приведены в колонке *Имя ВЭЗ* поля *Координаты*. Имя можно изменить, напечатав новое имя точки ВЭЗ в выделенной ячейке колонки.

Горизонтальные координаты пикетов ВЭЗ на профиле приведены в колонке *X* поля *Координаты*. По умолчанию координата первой точки принимается равной 0, а расстояние между соседними точками ВЭЗ принимается равным 10 м. Эти значения являются координатами в «чисто математическом» смысле (а НЕ расстояниями, измеренными вдоль неровной поверхности).

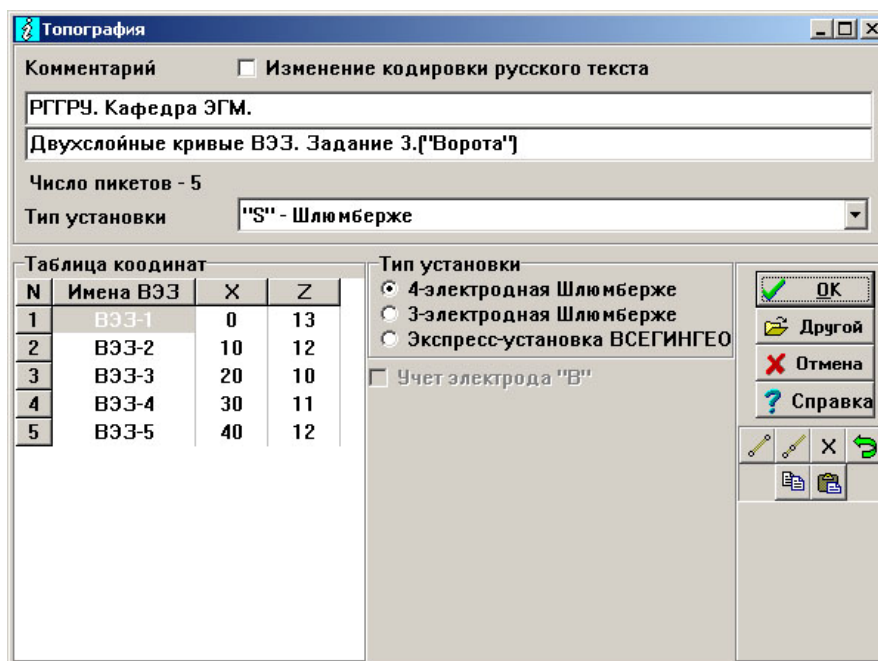






Рис. 5.1.3. Окно *Топография*


Координату точки можно изменить, напечатав новое значение в выделенной ячейке колонки. Если точки названы по их координатам, имена можно преобразовать в координаты, щелкнув по кнопке {*Координаты из имени*}  окна *Топография*.

Координаты в выделенном интервале колонки *X* можно также рассчитать используя интерполяцию или экстраполяцию. Для экстраполяции координат следует: 1) впечатать координаты 1-й и 2-й точек нужного интервала в соответствующие ячейки; 2) выделить нужный интервал; 3) щелкнуть по кнопке {*Экстраполяция*}  окна *Топография*. Для интерполяции координат следует: 1) впечатать координаты 1-й и последней точек нужного интервала в соответствующие ячейки; 2) выделить нужный интервал; 3) щелкнуть по кнопке {*Интерполяция*}  окна *Топография*.


Задание рельефа профиля (высот пикетов ВЭЗ)


Высоты пикетов ВЭЗ на профиле приведены в колонке *Z* поля *Координаты*. По умолчанию высоты всех пикетов принимаются равными 0.

Высоту точки можно изменить, напечатав новое значение в выделенной ячейке колонки. Высоты в выделенном интервале колонки *Z* можно также рассчитать, используя интерполяцию или экстраполяцию. Для экстраполяции высот следует: 1) впечатать высоты 1-й и 2-й точек нужного интервала в соответствующие ячейки; 2) выделить нужный интервал; 3) щелкнуть по кнопке {*Экстраполяция*}  окна *Топография*. Для интерполяции высот следует: 1) впечатать высоты 1-й и последней

точек нужного интервала в соответствующие ячейки; 2) выделить нужный интервал; 3) щелкнуть по кнопке {Интерполяция}  окна *Топография*.

Изменение числа слоев

Чтобы расщепить текущий слой (т. е. слой, выделенный в окне моделей), следует нажать клавиши [Ctrl-N], выбрать пункт меню *Модель* ⇒ *Добавить*, или щелкнуть по кнопке {Добавить слой}  на панели инструментов. Слой разбивается на два. Сопротивления слоев принимаются равными сопротивлениям исходного слоя. Общая мощность новых слоев равна мощности исходного слоя, а мощности относятся как 2:3.

Для объединения слоя, выделенного в окне моделей, с подстилающим его слоем следует нажать клавиши [Ctrl-Y], выбрать пункт меню *Модель* ⇒ *Удалить*, или щелкнуть по кнопке {Удалить слой}  в панели инструментов. Два слоя объединяются в один. Сопротивление нового слоя равно среднему геометрическому сопротивлений исходных слоев. Мощность нового слоя равна суммарной мощности исходных слоев.

Просмотр кривых и моделей

Кривая ВЭЗ для определенной точки изображается в окне кривых, в заголовке которого вынесено имя точки ВЭЗ. Имя точки дублируется в поле *Имя ВЭЗ* строки состояния непосредственно под панелью инструментов. В каждый момент времени показывается кривая для одной точки ВЭЗ. Положение этой точки на профиле показано вертикальной линией (линейкой) на разрезах в окне разрезов.

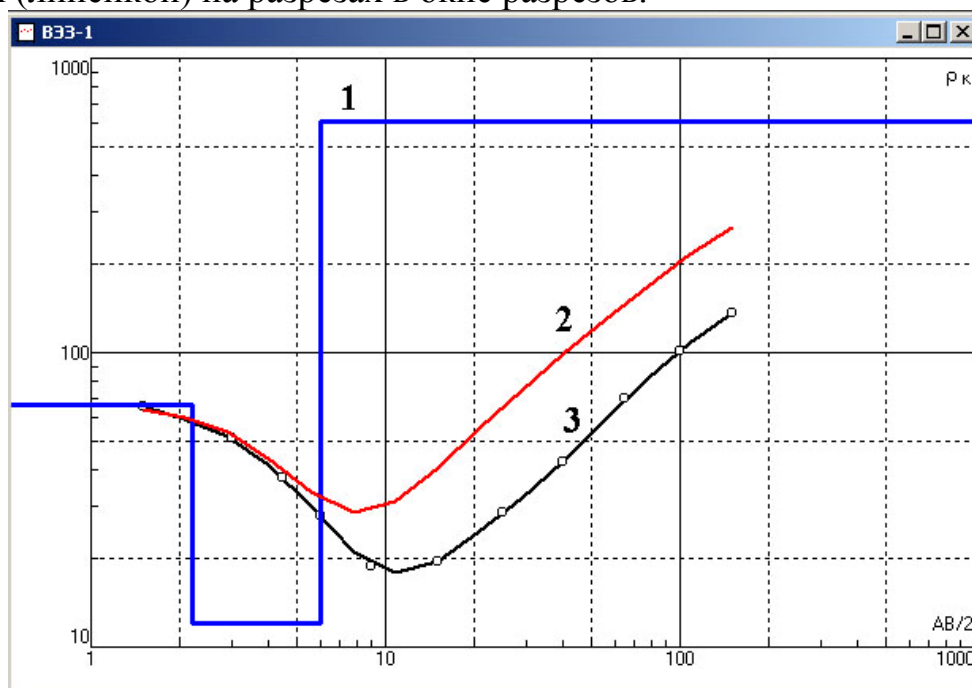


Рис. 5.1.4. Отображение кривых в программе IPI2Win 1 –

псевдокаротажная кривая, 2 – теоретическая кривая ВЭЗ, 3 – экспериментальная кривая ВЭЗ.

Полевые значения кажущегося сопротивления отмечены кружками. Для включения/выключения показа полевых значений следует щелчком правой кнопки мыши на окне кривых вызвать контекстное меню и выбрать в нем пункт *Точки*. Сама кривая ВЭЗ представлена черной линией, построенной как сглаживающий сплайн по полевым значениям. Кривая сопротивления изображается в билогарифмическом масштабе. Количество декад по каждой оси определяется автоматически, поэтому масштаб графика может меняться от одной точки ВЭЗ к другой.

Для перехода к следующей (предыдущей) точке ВЭЗ воспользуйтесь линейкой прокрутки в строке состояния или нажмите клавиши [Ctrl-Right] ([Ctrl-Left]). Можно также щелкнуть мышью в нужную точку на разрезе кажущегося сопротивления или геоэлектрическом разрезе в окне разрезов.

Методика интерпретации ВЭЗ в программе IPI2Win

Параметры модели для текущей точки ВЭЗ сопротивления и мощности слоев, глубины и абсолютные отметки кровель слоев) представлены в окне кривой синей линией – *псевдокаротажной* кривой (рис. 5.1.4. (1)). Кроме того, они также представлены в виде таблицы в отдельном окне (окне модели), в заголовок которого вынесено значение невязки теоретической и полевой кривой. Теоретическая кривая ВЭЗ для текущих параметров модели изображена в окне кривых красной линией. Под невязкой по сопротивлениям понимается относительное отклонение теоретической кривой от полевой кривой для текущей точки зондирования и текущих параметров модели. Эти величины показаны также в поле *Невязка* строки состояния.

При первом открытии файла данных геоэлектрический разрез пуст. В качестве модели начального приближения для текущей точки зондирования автоматически предлагается двухслойная модель с минимальной невязкой. Редактирование модели включает изменение числа слоев (в пределах от 2 до 30) путем их слияния и расщепления (соответственно, для удаления или добавления слоя) и изменения параметров слоев.



Изменение свойств слоев

Чтобы изменить свойство слоя, щелкните в соответствующую ячейку таблицы в окне моделей, введите новое значение параметра и нажмите клавишу [Enter]. Теоретическая кривая перерисовывается для новых параметров модели. Для перехода к соседним ячейкам таблицы можно пользоваться клавишами управления курсором (стрелками).

Кроме этого, параметры модели можно менять, перетаскивая мышью отрезки кривой псевдокаротажа. При таком способе изменения параметров модели, теоретическая кривая перерисовывается синхронно с изменением модели. Перетаскивание вертикального отрезка изменяет глубину соответствующей границы, а горизонтального – сопротивление соответствующего слоя. Если при перетаскивании удерживать нажатой клавишу [Ctrl], изменяются оба параметра. Если нужно изменить только глубину границы, можно перетащить мышью обозначающий ее отрезок в окне разрезов.

Перенос модели с другой точки ВЭЗ

Модель разреза для текущей точки ВЭЗ автоматически переносится на следующую выбранную, если модель для новой точки еще не определена. Поскольку кривые обычно интерпретируются последовательно, происходит автоматический перенос модели на соседнюю точку.

Модель для текущей точки можно скопировать в буфер обмена и затем перенести на другую точку вставив ее из буфера обмена. Для этого нажмите клавиши [Ctrl-Ins], или щелкните по кнопке {Копировать}  на панели инструментов. Затем выберите точку, на которую нужно перенести скопированную модель и нажмите клавиши [Shift -Ins], или щелкните по кнопке {Вставить}  в панели инструментов.

5.2. Интерпретация кривых ВЭЗ в программе IPI2Win

Задание 1:

1. По полевым данным (таблицы 5.2.1 – 5.2.6. –варианты 1 – 6) создать *.dat файл для программы IPI2Win.
2. Ввести координаты X и Z точек наблюдения. Отметки высот приведены в таблице 5.2.7. Масштаб съемки 1:5000 (Для первого пикета координату X принять за 0).
3. Определить тип трехслойных кривых ВЭЗ.
4. Проинтерпретировать трехслойные кривые ВЭЗ в программе IPI2Win в интерактивном режиме при известном ρ_2 (таблица 5.2.8). Получить разрез кажущихся сопротивлений и геоэлектрический разрез.

Задание 2:

1. По полевым данным создать *.dat файл для программы IPI2Win.

2. Ввести координаты X и Z точек наблюдения. Отметки высот приведены в таблице 5.2.7. Масштаб съемки 1:5000 (Для первого пикета координату X принять за 0).
3. Определить тип трехслойных кривых ВЭЗ.
4. Проинтерпретировать кривые ВЭЗ в программе IPI2Win в интерактивном режиме при неизвестном ρ_2 . Получить разрез кажущихся сопротивлений и геоэлектрический разрез.
5. Найти пределы применимости принципа эквивалентности.

Порядок выполнения работы


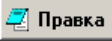



1. По данным полевых наблюдений создайте *.dat файл. Для этого:
 - а. Откройте программу **Блокнот**.
 - б. Введите данные согласно разделу «Структура *.dat файла».
 - в. Сохраните ваш файл с расширением *.dat. Для этого войдите в меню **Файл**⇒**Сохранить как...** и вместо расширения *.txt поставьте расширение *.dat.
2. Откройте файл с помощью программы IPI2Win и проверьте на наличие ошибок все кривые:
 - а. Запустите программу IPI2Win.
 - б. Откройте созданный *.dat-файл. Для этого в меню нажмите **Файл**⇒**Открыть**, или кнопку  на панели инструментов, или клавишей [F3] на клавиатуре.
 - в. Если программа выведет сообщение об ошибке нажмите кнопку  **Правка** и исправьте ошибку в файле.
 - г. Если ошибки нет, то после открытия появится окно **Топография**, в нем напротив соответствующих пикетов введите координату X согласно с масштабом съемки (1:5 000, для первого пикета $X=0$), координату Z нажмите  **OK**. При работе с программой окно **Топография** можно вызвать через меню **Файл**⇒**Топография**.
 - д. Просмотрите все кривые и исправьте ошибки с помощью встроенного в IPI2Win редактора, который вызывается кнопкой  на панели инструментов или с помощью блокнота .
3. Проинтерпретируйте трехслойные кривые ВЭЗ.

Таблица 5.2.1.

Вариант 1					
AB/2, м	$\rho_{к}, \text{Ом}\cdot\text{м}$				
	ВЭЗ- 1	ВЭЗ- 2	ВЭЗ- 3	ВЭЗ- 4	ВЭЗ- 5
1,5	25,6	23,1	21,0	25,3	30,7
3	29,1	24,0	21,3	26,9	34,6
4,5	35,4	26,0	21,8	30,4	41,6
6	42,9	29,0	22,7	35,2	49,8
9	57,8	37,0	25,8	46,3	65,7
15	82,0	54,0	35,1	66,8	89,5
25	107,8	76,5	51,3	91,3	109,1
40	123,8	97,2	70,0	111,1	111,4
65	119,6	108,6	87,1	117,5	93,0
100	96,8	102,1	92,3	104,9	71,0
150	72,6	84,5	84,5	83,7	57,9
225	58,2	67,1	68,8	66,6	52,8
325	53,1	58,1	56,4	59,0	51,2
500	51,1	54,1	48,9	55,8	50,5
750	50,5	52,9	46,5	54,7	50,2

Таблица 5.2.2.

Вариант 2					
AB/2, м	$\rho_{к}, \text{Ом}\cdot\text{м}$				
	ВЭЗ- 1	ВЭЗ- 2	ВЭЗ- 3	ВЭЗ- 4	ВЭЗ- 5
1,5	25,1	23,0	21,0	25,1	30,0
3	25,6	23,4	21,2	25,4	30,1
4,5	27,0	24,2	21,6	26,3	30,4
6	29,1	25,6	22,3	27,8	30,9
9	35,4	30,1	24,7	32,3	32,7
15	50,5	42,1	32,4	44,7	39,3
25	72,9	61,8	47,6	64,7	53,8
40	96,9	84,6	67,3	87,3	72,6
65	119,0	108,0	90,5	110,0	90,9
100	125,0	121,0	107,0	120,0	98,1
150	113,0	117,0	112,0	115,0	91,9
225	89,2	98,0	99,9	96,0	76,5
325	68,8	77,1	79,7	76,4	63,3
500	56,1	61,0	59,0	62,0	54,7
750	52,2	55,2	49,9	56,9	51,8

Таблица 5.2.3.

Вариант 3					
AB/2, м	$\rho_{к}, \text{Ом}\cdot\text{м}$				
	ВЭЗ- 1	ВЭЗ- 2	ВЭЗ- 3	ВЭЗ- 4	ВЭЗ- 5
1,5	25,0	23,2	21,6	25,2	30,0
3	25,2	24,1	25,1	26,2	30,3
4,5	25,7	26,4	31,5	28,6	31,1
6	26,6	29,9	39,3	32,3	32,5
9	29,7	39,2	55,5	42,2	36,9
15	39,8	60,0	84,9	63,8	49,9
25	60,0	91,0	123,0	94,7	72,9
40	87,1	127,0	160,0	127,0	99,5
65	121,0	162,0	180,0	151,0	124,0
100	146,0	177,0	164,0	150,0	131,0
150	155,0	162,0	121,0	124,0	118,0
225	139,0	122,0	77,9	90,2	90,6
325	107,0	85,6	56,0	68,5	68,7
500	73,0	61,8	47,8	58,2	55,8
750	57,4	55,1	46,1	55,6	52,1

Таблица 5.2.4.

Вариант 4					
AB/2, м	$\rho_{к}, \text{Ом}\cdot\text{м}$				
	ВЭЗ- 1	ВЭЗ- 2	ВЭЗ- 3	ВЭЗ- 4	ВЭЗ- 5
1,5	199,9	209,1	215,9	238,9	221,8
3	198,9	203,8	194,8	232,4	220,1
4,5	196,5	192,0	160,8	218,0	216,1
6	192,2	175,0	126,2	197,2	209,2
9	178,3	135,6	78,4	149,3	187,6
15	138,6	79,0	48,1	81,5	133,0
25	84,6	51,0	45,6	50,5	72,6
40	55,9	49,8	56,2	53,3	50,8
65	55,0	64,1	82,7	75,5	60,8
100	70,6	91,6	121,9	110,8	87,6
150	97,2	132,2	174,4	158,9	126,5
225	134,1	188,9	245,3	224,0	180,5
325	175,7	257,2	327,4	300,1	245,4
500	233,1	360,4	445,7	410,5	343,0
750	291,6	479,5	573,3	531,0	454,9

Таблица 5.2.5.

Вариант 5.					
АВ/2, м	ρ_k, Ом·м				
	ВЭЗ- 1	ВЭЗ- 2	ВЭЗ- 3	ВЭЗ- 4	ВЭЗ- 5
1,5	222,0	210,0	220,0	240,0	222,0
3	222,0	210,0	220,0	239,0	219,0
4,5	222,0	210,0	219,0	237,0	214,0
6	221,0	209,0	218,0	233,0	205,0
9	220,0	207,0	215,0	220,0	179,0
15	214,0	199,0	200,0	179,0	123,0
25	194,0	174,0	161,0	113,0	79,8
40	150,0	129,0	109,0	73,0	87,9
65	92,8	87,0	79,3	80,5	132,0
100	69,2	85,4	94,0	116,0	193,0
150	81,0	115,0	133,0	165,0	269,0
225	115,0	164,0	189,0	233,0	366,0
325	159,0	225,0	257,0	311,0	470,0
500	229,0	318,0	358,0	423,0	607,0
750	315,0	429,0	474,0	545,0	738,0

Таблица 5.2.6.

Вариант 6					
АВ/2, м	ρ_k, Ом·м				
	ВЭЗ- 1	ВЭЗ- 2	ВЭЗ- 3	ВЭЗ- 4	ВЭЗ- 5
1,5	199,0	210,0	220,0	240,0	222,0
3	196,0	209,0	219,0	239,0	220,0
4,5	187,0	206,0	218,0	235,0	216,0
6	174,0	201,0	215,0	230,0	209,0
9	140,0	186,0	206,0	212,0	188,0
15	86,3	143,0	175,0	162,0	133,0
25	54,4	88,7	117,0	95,2	72,6
40	52,4	65,1	72,4	67,9	50,8
65	69,1	75,4	68,0	84,8	60,8
100	100,0	107,0	93,2	124,0	87,6
150	144,0	153,0	134,0	176,0	127,0
225	206,0	218,0	191,0	247,0	181,0
325	280,0	294,0	259,0	329,0	245,0
500	392,0	407,0	360,0	445,0	343,0
750	520,0	534,0	477,0	569,0	455,0

Таблица 5.2.7.

Отметки высот Z, м					
ПК	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5
Вар.1.	134	132	130	131	132
Вар.2.	84	83	79	81	82
Вар.3.	150	152	153	155	151
Вар.4.	211	213	214	214	213
Вар.5.	165	164	164	162	161
Вар.6.	36	35	34	34	35

Таблица 5.2.8.

УЭС второго горизонта						
Вар.	1	2	3	4	5	6
ρ_2 , Ом·м	215	220	400	40	35	40

5.3. Интерпретация данных ВЭЗ с воротами

При отношениях около $AB/MN > 20$ разность потенциалов на приемных электродах становится достаточно маленькой, поэтому увеличивают разнос MN. При увеличении разноса приемной линии измерения проводят на двух разносах MN при одних и тех же разносах AB. То есть сначала проводят измерения на меньшем разносе MN, потом на большем разносе MN, после чего увеличивают разнос AB и снова проводят измерения сначала на большем разносе MN потом на меньшем. При этом образуются так называемые «ворота» на кривых ВЭЗ – перекрытия точек на полевой кривой, связанные с изменением разноса приемной линии. При увеличении разноса приемной линии, необходимо помнить, что MN должна быть меньше 1/3 питающей линии.

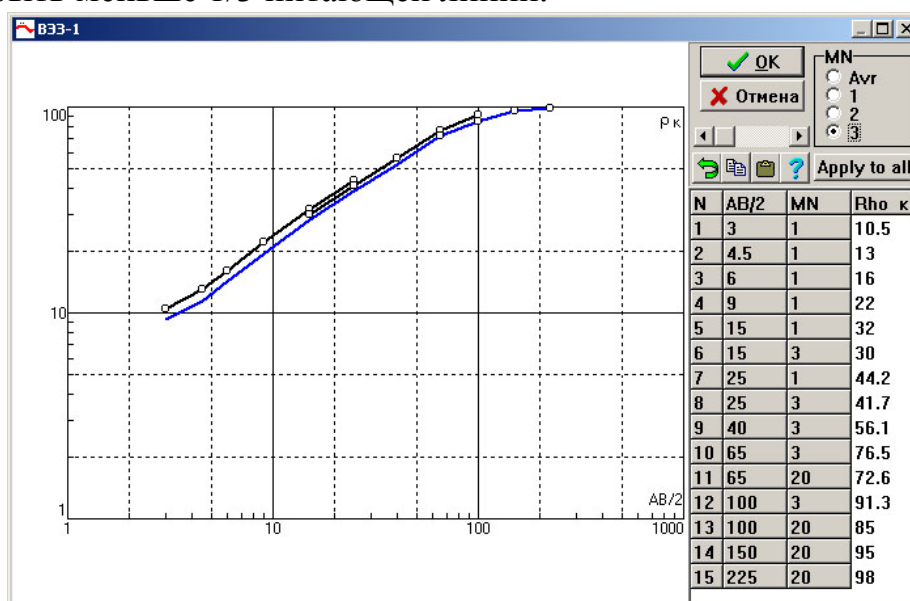


Рис. 5.3.1. Кривая ВЭЗ с «воротами» и способы их устранения.

При интерпретации «ворота» убираются. Это можно делать различными способами, например, брать осредненную кривую или с помощью множителя выровнять кривую по отношению к одной из ее частей, как правило, это последняя часть кривой.

В IPI2Win так же реализовано несколько способов (рис. 5.3.1.)

Задание

1. По полевым данным (таблица 5.3.1.) создать *.dtg файл для программы IPI2Win.

Ввести координаты X и Z точек наблюдения. Отметки высот приведены в таблице 5.3.2. Масштаб съемки – 1:5 000.

2. (Топография. Для первого пикета X=0).

3. Проинтерпретировать кривые ВЭЗ и получить разрез кажущихся сопротивлений и геоэлектрический разрез.


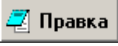
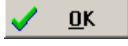


Таблица 5.3.1.

AB/2, м	MN/2, м	ρ_k , Ом·м				
		ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5
3	1	11	9	11	9	9
4,5	1	13	9	11	9	10
6	1	16	10	11	10	11
9	1	22	11	11	10	14
15	1	32	13	12	11	21
15	3	30	12	11	10	19
25	1	44	19	13	13	32
25	3	42	18	13	12	30
40	3	56	27	15	16	43
65	3	77	41	22	23	57
65	20	73	37	20	22	54
100	3	91	55	30	32	73
100	20	85	51	28	30	69
150	20	95	64	39	39	84
225	20	98	80	51	51	98
225	75		73	48	49	93
325	20		93	65	63	109
325	75		86	61	59	105
500	75		100	75	72	110
750	75		107	89	85	

Таблица 5.3.2.

ПК	1	2	3	4	5
Z, м	13	12	10	11	12

Порядок выполнения работы

1. По данным полевых наблюдений (*Таблица 1*) создайте *.dtg файл.
 - г. Откройте программу **Блокнот**.
 - д. Внесите данные согласно разделу «Структура *.dtg файла».
 - е. Сохраните ваш файл с расширением *.dtg. Для этого войдите в меню **Файл**⇒**Сохранить как...** и вместо расширения *.txt поставьте расширение *.dtg.
2. Откройте файл с помощью программы IPI2Win и проверьте на наличие ошибок все кривые для этого:
 - е. Запустите программу IPI2Win.
 - ж. Откройте *.dtg-файл. Для этого в меню нажмите **Файл**⇒**Открыть**, или кнопку  на панели инструментов, или клавишей **F3** на клавиатуре.
 - з. Если программа выведет сообщение об ошибке нажмите кнопку  **Правка** и исправьте ошибку в файле.
 - и. Если ошибки нет, то после открытия появится окно **Топография**, в нем напротив соответствующих пикетов введите координату X согласно с масштабом съемки (1:5 000, для первого пикета X=0), координату Z (*Таблица 2*) нажмите  **ОК**. При работе с программой окно **топография** можно вызвать через меню **Файл**⇒**Топография**.
 - к. Просмотрите все кривые и исправьте ошибки с помощью встроенного в IPI2Win редактора, который вызывается кнопкой  на панели инструментов или с помощью блокнота .
3. Проинтерпретируйте двухслойные кривые ВЭЗ, добиваясь наилучшего совпадения теоретической и полевой кривой с невязкой менее 5%.

Задание

1. Построить кривые ВЭЗ по данным, приведенным в таблице 5.3.4.
2. Допустив, что ρ_2 и ρ_3 известны, произвести интерпретацию четырехслойных кривых ВЭЗ: определить значения ρ_1 , h_1 , h_2 , h_3 и h_4 .
3. Построить геоэлектрические разрезы вдоль линий профиля, на которых производились зондирования, учитывая, что расстояния между точками зондирования составляют 50 м.
4. Произвести интерпретацию четырехслойных кривых ВЭЗ, при условии, что ρ_2 и ρ_3 – неизвестны).

Таблица 5.3.4.

АВ/2, м	ρ_k , Ом·м							
	Профиль I–II				Профиль III–IV			
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4
3	75	70	70	70	16	45	34	79
4,5	78	71	70	74	12	50	43	86
6	86	73	74	77	9	58	51	100
9	111	83	83	88	5	74	68	133
15	149	113	105	114	3	105	85	200
25	181	156	149	159	3	150	87	280
40	186	194	194	191	3	180	65	320
65	201	204	203	215	4	170	32	300
100	238	187	187	232	6	140	17	250
150	308	183	178	281	7	95	15	150
225	399	203	187	374	7	77	20	110
325	504	263	225	466	7	93	28	110
500	653	360	295	604	5	131	44	150
750	792	450	404	782	4	184	63	210
1000	890	529	476	890	3	221	85	280
1500	1053	641	548	1047				

6. Качественная интерпретация кривых ВЭЗ

6.1. 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 подобиями разрезами, стремятся асимптотически к прямой, идущей под углом 45° к оси абсцисс.

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 оси 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

1. Построить по данным таблиц 6.1.1. а–д, кривые ВЭЗ. Определить значение суммарной продольной проводимости надпорной толщи S для всех точек ВЭЗ вдоль профилей I – V. 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) №17 ($H=320$ м), определить среднее продольное удельное сопротивление ρ_l на участке исследования.
3. Рассчитать мощность надпорной толщи H для точек ВЭЗ, исходя из формулы:

$$S = \frac{H}{\rho_l}$$

Построить карту изогипс опорной толщи в масштабе 1:5 000 для участка исследования.

Задание 2

1. Построить кривые ВЭЗ вдоль разведочной линии АВ по данным в таблице 6.1.2. Определить значение суммарной продольной проводимости надпорной толщи для всех точек ВЭЗ.
2. Зная по данным каротажа удельное электрическое сопротивление надпорной толщи для точки зондирования ВЭЗ № ($\rho_{cp}=100$ Ом·м) рассчитать мощность этой толщи в точках ВЭЗ № 1 – 6, принимая $\rho_{cp}=\rho_l$.
3. Построить геоэлектрический разрез вдоль линии АВ.

Таблица 6.1.1-а

Данные ВЭЗ по профилю I.

AB/2, м	$\rho_{кз}$ Ом·м				
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5
3	75	24	43	37	44
4,5	76	18	46	38	47
6	80	17	43	33	44
9	98	18	38	23	39
15	100	17	33	15	35
25	137	19	33	14	35
40	208	25	36	16	33
65	330	37	40	20	40
100	487	52	50	29	50
150	715	80	73	42	73
225	1035		103	63	103
325			157	95	157
500			258	136	258

Таблица 6.1.1-б

Данные ВЭЗ по профилю II

AB/2, м	$\rho_{кз}$ Ом·м				
	ВЭЗ-6	ВЭЗ-7	ВЭЗ-8	ВЭЗ-9	ВЭЗ-10
3	30	31	31	60	22
4,5	27	23	31	59	22
6	22	20	34	47	20
9	17	16	36	35	16
15	17	16	38	30	14
25	17	18	41	30	15
40	22	27	42	42	21
65	33	40	49	49	32
100	50	62	67	58	49
150	73	90	94	79	71
225	113	143	135	104	112
325			202	149	157
500			329	223	256

Таблица 6.1.1-в

Данные ВЭЗ по профилю III

AB/2, м	$\rho_{кз}$ Ом·м				
	ВЭЗ-11	ВЭЗ-12	ВЭЗ-13	ВЭЗ-14	ВЭЗ-15
3	27	26	56	55	54
4,5	17	17	37	36	36
6	14	14	31	31	30
9	15	15	28	34	33
15	13	13	28	31	31
25	15	15	29	29	29
40	23	23	37	37	37
65	38	37	47	47	48
100	60	55	65	65	65
150	90	81	97	97	97
225	133	122	147	147	148
325			217	217	230
500				349	

Таблица 6.1.1-з

Данные ВЭЗ по профилю IV

AB/2, м	$\rho_{кз}$ Ом·м				
	ВЭЗ-16	ВЭЗ-17	ВЭЗ-18	ВЭЗ-19	ВЭЗ-20
3	21	25	38	38	29
4,5	20	23	37	37	30
6	17	19	35	35	29
9	15	18	30	30	23
15	15	18	25	25	22
25	18	20	24	24	24
40	20	22	28	28	23
65	32	34	39	39	28
100	46	51	53	53	40
150	71	74	78	78	64
225	102	108	114	114	98
325	0	158	167	167	139
500				265	201

Таблица 6.1.1-д

Данные ВЭЗ по профилю V

AB/2, м	$\rho_{кз}$ Ом·м				
	ВЭЗ-21	ВЭЗ-22	ВЭЗ-23	ВЭЗ-24	ВЭЗ-25
3	32	28	30	30	50
4,5	32	28	30	30	48
6	23	21	25	25	48
9	19	17	22	22	40
15	17	15	22	22	37
25	17	15	20	20	43
40	25	22	26	26	38
65	36	32	41	41	42
100	51	45	64	64	55
150	77	68	96	96	75
225	117	104	148	148	119
325	0	144	208	208	167
500	0	239	305	305	236

Данные ВЭЗ вдоль линии А–В

АВ/2, м	ρ_k , Ом·м					
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5	ВЭЗ-6
3	20	64	83	78	82	95
4,5	14	53	69	66	70	87
6	11	38	57	56	60	77
9	12	27	45	45	50	59
15	16	31	49	40	47	48
25	23	43	67	56	59	51
40	37	64	99	86	84	72
65	60	93	142	123	119	107
100	88	133	188	163	136	127
150	128	183	235	204		
225	170	240	304	232		

6.2. 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 АВ/2 в метрах, вертикальный масштаб обычно выбирается логарифмическим, иногда – линейным.

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

Разрез кажущихся сопротивлений по профилю I-II

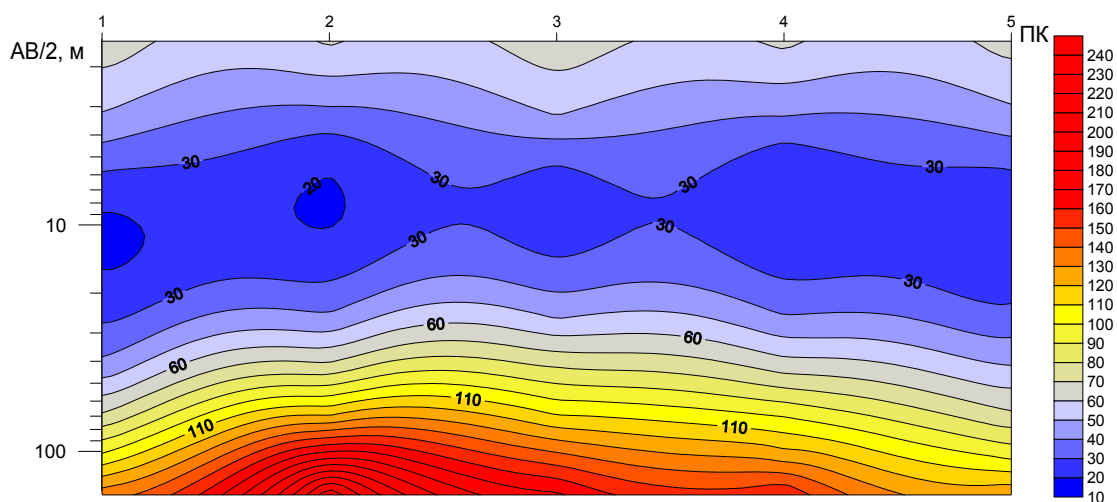


Рис. 6.2.1 Пример построения разреза кажущихся сопротивлений.

Задание

Построить кривые ВЭЗ и 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 (таблица 6.2.1). Пример оформления разреза на рис. 6.2.1.

Таблица 6.2.1

АВ/2, м	ρ_k , Ом·м							
	ВЭЗ-1	ВЭЗ-2	ВЭЗ-3	ВЭЗ-4	ВЭЗ-5	ВЭЗ-6	ВЭЗ-7	ВЭЗ-8
3	66	67	61	69	59	66	67	58
4,5	66	67	63	69	59	66	67	58
6	66	67	64	70	60	67	68	59
9	67	68	66	70	61	67	68	60
15	76	70	70	79	60	69	71	63
25	86	79	78	90	65	77	81	70
40	114	96	101	109	80	99	105	93
65	161	139	141	144	109	130	146	130
100	216	194	199	184	120	154	202	185
150	290	247	257	188	109	155	256	236
225	357	322	333	154	76	120	319	311
325	415	394	387	102	40	69	392	377
500	453	420	430	51	14	25	471	444

7. Расчет установки для вертикального электрического зондирования

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

1. Максимальную длину питающей и приемной линий, при этом длину провода АВ, требующегося для намотки на катушки питающей линии, следует выбрать таким образом, чтобы зондирование производилось до выхода кривых на асимптотические значения
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} , уверенно измеряемую имеющейся в партии геофизической аппаратурой в условиях помех, характерных для данного района работ.
4. Тип источника, который нужно подключить в питающую линию.

5. Заглубление электродов и их число в сложном заземлении, которые необходимо смонтировать таким образом, чтобы сопротивление линии АВ было не слишком велико и дало возможность работать с выбранным источником тока в цепи АВ. Для выполнения этих расчетов следует произвести следующие работы:
- a. Используя известные или предполагаемые сведения об электрических и геометрических характеристиках разреза, построить кривые ВЭЗ, типичные для данного района. По построенным кривым определить разности АВ, которые в этих условиях позволят обеспечить необходимую глубину исследований.
 - b. Сопротивление проводов линии АВ.
 - c. Выбрать разности MN в соответствии с инструкцией по электроразведке ч. I и сообразуясь с масштабом работ.
 - d. Оценить ток в цепи АВ по формуле: $\rho_k = k \frac{\Delta U}{I}$, 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);
 - e. Построить графики зависимости сопротивления одиночного стержневого электрода от глубины забивки его и от радиуса электрода и на основании этих графиков выбрать радиус электрода и глубину его забивания. Сопротивление для стержневого электрода рассчитывается по формуле:

$$R_s = \frac{\rho}{2\pi a} \ln \frac{2a}{b}$$
 где, a – длина забитой в землю части электрода, b – его радиус
 - f. Выбрать источник для производства работ таким образом, чтобы обеспечить в питающей цепи ток, не меньший, чем оцененный по формуле ρ_k .

Задание

Аппаратура, которая имеется в партии, производящей работы, и уровень помех в районе обеспечивают уверенные изменения разности потенциалов от 5 мВ.

Нарисовать монтажную схему установки.

Произвести расчет установки для проведения работ методом электропрофилирования с двумя разностями питающих электродов с целью выделения и прослеживания кровли и подошвы маркирующего горизонта, перекрывающего опорную толщу.

Вариант 1

СКВ. 1	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=12$ $\rho_1=120$	$h_1=27$ $\rho_1=120$	$h_1=18$ $\rho_1=120$
$h_2=36$ $\rho_2=11$	$h_2=134$ $\rho_2=11$	$h_2=36$ $\rho_2=11$
$\rho_3=820$	$\rho_3=820$	$\rho_3=820$

Вариант 2

СКВ. 1	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=34$ $\rho_1=48$	$h_1=22$ $\rho_1=48$	$h_1=11$ $\rho_1=48$
$h_2=88$ $\rho_2=420$	$h_2=43$ $\rho_2=420$	$h_2=90$ $\rho_2=420$
$\rho_3=12$	$\rho_3=12$	$\rho_3=12$

Вариант 3

СКВ. 1	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=25$ $\rho_1=180$	$h_1=34$ $\rho_1=180$	$h_1=42$ $\rho_1=180$
$h_2=68$ $\rho_2=28$	$h_2=125$ $\rho_2=28$	$h_2=150$ $\rho_2=28$
$\rho_3=400$	$\rho_3=400$	$\rho_3=400$

Вариант 4

СКВ. 1	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=50$ $\rho_1=100$	$h_1=35$ $\rho_1=100$	$h_1=68$ $\rho_1=100$
$h_2=75$ $\rho_2=30$	$h_2=92$ $\rho_2=30$	$h_2=140$ $\rho_2=30$
$\rho_3=500$	$\rho_3=500$	$\rho_3=500$

Вариант 5

СКВ. 1	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=25$ $\rho_1=75$	$h_1=38$ $\rho_1=75$	$h_1=47$ $\rho_1=75$
$h_2=35$ $\rho_2=15$	$h_2=50$ $\rho_2=15$	$h_2=92$ $\rho_2=15$
$\rho_3=1500$	$\rho_3=1500$	$\rho_3=1500$

Вариант 6

Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
$h_1=70$ $\rho_1=200$	$h_1=82$ $\rho_1=200$	$h_1=53$ $\rho_1=200$
$h_2=50$ $\rho_2=15$	$h_2=90$ $\rho_2=15$	$h_2=65$ $\rho_2=15$
$\rho_3=500$	$\rho_3=500$	$\rho_3=500$

Вариант 7

Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
$h_1=25$ $\rho_1=75$	$h_1=19$ $\rho_1=75$	$h_1=32$ $\rho_1=75$
$h_2=35$ $\rho_2=15$	$h_2=48$ $\rho_2=15$	$h_2=40$ $\rho_2=15$
$\rho_3=1500$	$\rho_3=1500$	$\rho_3=1500$

Вариант 8

Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
$h_1=42$ $\rho_1=120$	$h_1=38$ $\rho_1=120$	$h_1=68$ $\rho_1=120$
$h_2=64$ $\rho_2=22$	$h_2=75$ $\rho_2=22$	$h_2=70$ $\rho_2=22$
$\rho_3=950$	$\rho_3=950$	$\rho_3=950$

Вариант 9

Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
$h_1=42$ $\rho_1=85$	$h_1=27$ $\rho_1=85$	$h_1=34$ $\rho_1=85$
$h_2=58$ $\rho_2=20$	$h_2=64$ $\rho_2=20$	$h_2=72$ $\rho_2=20$
$\rho_3=1200$	$\rho_3=1200$	$\rho_3=1200$

Вариант 10

Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
$h_1=75$ $\rho_1=180$	$h_1=60$ $\rho_1=180$	$h_1=54$ $\rho_1=180$
$h_2=130$ $\rho_2=23$	$h_2=240$ $\rho_2=23$	$h_2=94$ $\rho_2=23$
$\rho_3=2400$	$\rho_3=2400$	$\rho_3=2400$

8. Итоговое задание

1. Рассчитать значения ρ_k по приведенным в таблице выписке из полевого журнала данным измерений $\Delta U/I$ и построить кривые ВЭЗ.

2. Произвести интерпретацию кривых ВЭЗ любым способом (с помощью ЭВМ по известным программам либо с помощью палеток) и построить условный геоэлектрический разрез вдоль линии наблюдений (по профилю ВЭЗ).

Таблица 8.1

Результаты измерений вдоль разведочной линии 1

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,600	11,900	11,900	11,900	11,900
2	4,5	1	4,870	4,970	4,970	4,970	4,970
3	6	1	2,720	2,730	273,000	2,730	2,090
4	9	1	1,170	1,170	1,190	1,170	1,160
5	15	1	0,380	0,411	0,417	0,400	0,380
6	16	5	2,260	2,420	2,420	2,320	2,200
7	26	1	0,120	0,137	0,143	0,128	0,108
8	25	5	0,640	0,744	0,777	0,702	0,580
9	40	5	0,160	0,226	0,263	0,202	0,149
10	65	5	0,052	0,065	0,078	0,063	0,045
11	65	20	0,221	0,280	0,353	0,273	0,193
12	100	5	0,024	0,027	0,032	0,031	0,023
13	100	20	0,095	0,105	0,137	0,125	0,096
14	150	20	0,062	0,066	0,074	0,081	0,060
15	225	20	0,039	0,042	0,047	0,062	0,039
16	225	75	0,159	0,170	0,191	0,212	0,159
17	325	20	0,027	0,028	0,031	0,034	0,026
18	325	75	0,101	0,105	0,120	0,133	0,098
19	500	75	0,063	0,066	0,072	0,080	0,061
20	760	75	0,039	0,041	0,044	0,048	0,038
21	750	250	0,137	0,143	0,159	0,178	0,140
22	1000	75	0,027	0,028	0,031	0,033	0,026
23	1000	250	0,093	0,097	0,109	0,118	0,093
24	1500	250	0,056	0,067	0,002	0,066	0,054
25	2000	250	0,037	0,038	0,041	0,043	0,036
26	2000	500	0,070	0,079	0,085	0,093	0,076
27	3000	250	0,021	0,021	0,022	0,024	0,020
28	3000	500	0,040	0,043	0,045	0,047	0,040
29	4600	500	0,022	0,022	0,023	0,023	0,021
30	6000	500	0,014	0,013	0,014	0,015	0,014

Таблица 8.2

Результаты измерений вдоль разведочной линии 2

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,900	11,900	11,900	11,900	11,900
2	4,5	1	4,970	4,970	4,970	4,860	4,970
3	6	1	2,720	2,730	2,690	2,630	2,730
4	9	1	1,190	1,170	1,150	1,080	1,170
5	15	1	0,417	0,400	0,380	0,318	0,412
6	16	5	2,420	2,320	2,210	1,810	2,350
7	26	1	0,142	0,128	0,108	0,075	0,135
8	25	5	0,770	0,702	0,680	0,416	0,723
9	40	5	0,252	0,202	0,149	0,099	0,222
10	65	5	0,078	0,063	0,045	0,034	0,057
11	65	20	0,363	0,273	0,183	0,140	0,243
12	100	5	0,032	0,031	0,023	0,017	0,019
13	100	20	0,137	0,125	0,096	0,068	0,076
14	150	20	0,074	0,081	0,060	0,043	0,037
15	225	20	0,047	0,052	0,038	0,027	0,023
16	225	75	0,191	0,212	0,159	0,114	0,093
17	325	20	0,031	0,034	0,026	0,019	0,016
18	325	75	0,120	0,133	0,098	0,071	0,060
19	500	75	0,072	0,072	0,061	0,046	0,037
20	760	75	0,044	0,044	0,038	0,028	0,023
21	750	250	0,159	0,178	0,140	0,104	0,086
22	1000	75	0,031	0,033	0,026	0,202	0,017
23	1000	250	0,109	0,118	0,093	0,071	0,069
24	1500	250	0,062	0,066	0,054	0,042	0,036
25	2000	250	0,041	0,043	0,036	0,029	0,026
26	2000	500	0,085	0,093	0,075	0,060	0,052
27	3000	250	0,022	0,024	0,020	0,017	0,014
28	3000	500	0,046	0,047	0,040	0,034	0,029
29	4600	500	0,023	0,023	0,021	0,019	0,016
30	6000	500	0,014	0,015	0,014	0,012	0,011

Таблица 8.3

Результаты измерений вдоль разведочной линии 3

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,900	11,900	11,900	11,800	11,900
2	4,5	1	4,970	4,870	4,970	4,930	4,970
3	6	1	2,690	2,636	2,730	2,710	2,720
4	9	1	1,150	1,087	1,170	1,180	1,190
5	15	1	0,380	0,318	0,412	0,416	0,418
6	16	5	2,200	1,820	2,366	2,360	2,370
7	26	1	0,108	0,075	0,136	0,139	0,143
8	25	5	0,680	0,416	0,723	0,744	0,771
9	40	5	0,149	0,099	0,222	0,230	0,251
10	65	5	0,045	0,034	0,057	0,060	0,068
11	65	20	0,183	0,140	0,243	0,267	0,293
12	100	5	0,023	0,017	0,019	0,018	0,019
13	100	20	0,097	0,069	0,075	0,072	0,078
14	150	20	0,060	0,043	0,037	0,031	0,026
15	225	20	0,039	0,028	0,023	0,017	0,011
16	225	75	0,159	0,114	0,093	0,070	0,044
17	325	20	0,026	0,018	0,016	0,011	0,006
18	325	75	0,099	0,072	0,060	0,044	0,024
19	500	75	0,062	0,046	0,037	0,028	0,014
20	760	75	0,038	0,028	0,023	0,018	0,009
21	750	250	0,140	0,104	0,086	0,065	0,034
22	1000	75	0,027	0,020	0,017	0,012	0,007
23	1000	250	0,093	0,071	0,055	0,044	0,024
24	1500	250	0,054	0,042	0,036	0,028	0,015
25	2000	250	0,036	0,028	0,026	0,019	0,010
26	2000	500	0,076	0,060	0,052	0,041	0,022
27	3000	250	0,020	0,017	0,014	0,012	0,007
28	3000	500	0,040	0,034	0,029	0,024	0,013
29	4600	500	0,022	0,018	0,017	0,014	0,008
30	6000	500	0,014	0,012	0,011	0,009	0,005

Таблица 8.4

Результаты измерений вдоль разведочной линии 4

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,900	11,800	11,900	11,900	11,800
2	4,5	1	4,970	4,930	4,970	4,970	4,930
3	6	1	2,730	2,710	2,720	2,710	2,690
4	9	1	1,170	1,180	1,190	1,180	1,150
5	15	1	0,412	0,416	0,418	0,416	0,380
6	16	5	2,360	2,300	2,370	2,360	2,200
7	26	1	0,136	0,138	0,143	0,140	0,107
8	25	5	0,723	0,744	0,771	0,760	0,674
9	40	5	0,222	0,230	0,251	0,236	0,143
10	65	5	0,057	0,060	0,068	0,060	0,038
11	65	20	0,243	0,266	0,293	0,260	0,160
12	100	5	0,019	0,018	0,019	0,017	0,016
13	100	20	0,075	0,071	0,078	0,069	0,064
14	150	20	0,037	0,031	0,026	0,025	0,037
15	225	20	0,023	0,017	0,011	0,012	0,024
16	225	75	0,093	0,070	0,044	0,048	0,099
17	325	20	0,015	0,011	0,006	0,007	0,016
18	325	75	0,060	0,044	0,024	0,027	0,062
19	500	75	0,037	0,028	0,014	0,017	0,039
20	760	75	0,023	0,018	0,005	0,017	0,026
21	750	250	0,085	0,065	0,034	0,046	0,092
22	1000	75	0,017	0,012	0,007	0,008	0,018
23	1000	250	0,068	0,044	0,024	0,028	0,062
24	1500	250	0,036	0,028	0,015	0,017	0,037
25	2000	250	0,026	0,019	0,010	0,013	0,026
26	2000	500	0,052	0,041	0,022	0,026	0,054
27	3000	250	0,014	0,012	0,007	0,007	0,016
28	3000	500	0,029	0,024	0,013	0,016	0,023
29	4600	500	0,017	0,014	0,008	0,009	0,017
30	6000	500	0,011	0,009	0,005	0,007	0,011

Таблица 8.5

Результаты измерений вдоль разведочной линии 5

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,900	11,900	11,800	11,900	11,900
2	4,5	1	4,870	4,870	4,830	4,970	4,970
3	6	1	2,720	2,710	2,890	2,720	2,730
4	9	1	1,190	1,180	1,150	1,170	1,170
5	15	1	0,418	0,416	0,380	0,390	0,411
6	16	5	2,370	2,360	2,200	2,260	2,420
7	26	1	0,143	0,140	0,107	0,120	0,137
8	25	5	0,771	0,760	0,674	0,840	0,744
9	40	5	0,251	0,236	0,143	0,180	0,228
10	65	5	0,068	0,060	0,038	0,052	0,065
11	65	20	0,293	0,200	0,180	0,221	0,280
12	100	5	0,019	0,017	0,016	0,024	0,027
13	100	20	0,078	0,069	0,064	0,095	0,105
14	150	20	0,026	0,025	0,037	0,082	0,086
15	225	20	0,011	0,012	0,024	0,040	0,042
16	225	75	0,044	0,048	0,059	0,158	0,170
17	325	20	0,008	0,007	0,016	0,027	0,028
18	325	75	0,024	0,027	0,062	0,101	0,105
19	500	75	0,014	0,017	0,039	0,063	0,066
20	760	75	0,009	0,017	0,026	0,039	0,041
21	750	250	0,034	0,046	0,092	0,137	0,140
22	1000	75	0,007	0,008	0,018	0,027	0,028
23	1000	250	0,024	0,028	0,082	0,093	0,093
24	1500	250	0,015	0,017	0,037	0,055	0,054
25	2000	250	0,010	0,013	0,026	0,037	0,036
26	2000	500	0,022	0,026	0,054	0,076	0,075
27	3000	250	0,007	0,007	0,016	0,021	0,020
28	3000	500	0,013	0,018	0,023	0,040	0,040
29	4600	500	0,008	0,009	0,017	0,022	0,021
30	6000	500	0,005	0,007	0,011	0,014	0,014

Таблица 8.6

Результаты измерений вдоль разведочной линии 6

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,800	11,900	11,900	11,900	11,900
2	4,5	1	4,930	4,970	4,970	4,970	4,970
3	6	1	2,690	2,720	2,730	2,730	2,730
4	9	1	1,150	1,170	1,170	1,190	1,170
5	15	1	0,380	0,380	0,411	0,417	0,400
6	16	5	2,200	2,250	2,420	2,420	2,320
7	26	1	0,107	0,120	0,137	0,143	0,128
8	25	5	0,674	0,640	0,744	0,777	0,702
9	40	5	0,143	0,180	0,228	0,253	0,202
10	65	5	0,038	0,052	0,065	0,078	0,063
11	65	20	0,160	0,221	0,280	0,353	0,273
12	100	5	0,016	0,024	0,027	0,032	0,031
13	100	20	0,064	0,095	0,105	0,137	0,125
14	150	20	0,037	0,062	0,066	0,074	0,081
15	225	20	0,024	0,040	0,042	0,047	0,052
16	225	75	0,099	0,159	0,170	0,191	0,212
17	325	20	0,016	0,027	0,028	0,031	0,034
18	325	75	0,062	0,101	0,105	0,120	0,133
19	500	75	0,039	0,063	0,066	0,072	0,080
20	760	75	0,026	0,039	0,041	0,044	0,048
21	750	250	0,092	0,137	0,140	0,159	0,178
22	1000	75	0,018	0,027	0,026	0,031	0,033
23	1000	250	0,062	0,093	0,093	0,109	0,118
24	1500	250	0,037	0,055	0,054	0,062	0,066
25	2000	250	0,026	0,037	0,036	0,041	0,043
26	2000	500	0,054	0,076	0,075	0,085	0,093
27	3000	250	0,016	0,021	0,020	0,022	0,024
28	3000	500	0,023	0,040	0,040	0,045	0,047
29	4600	500	0,017	0,022	0,021	0,023	0,023
30	6000	500	0,011	0,014	0,014	0,014	0,015

Таблица 8.7

Результаты измерений вдоль разведочной линии 7

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,900	11,900	11,900	11,900	11,800
2	4,5	1	4,970	4,970	4,860	4,970	4,930
3	6	1	2,730	2,690	2,630	2,730	2,710
4	9	1	1,170	1,150	1,080	1,170	1,180
5	15	1	0,400	0,380	0,318	0,412	0,416
6	16	5	2,320	2,210	1,810	2,360	2,360
7	26	1	0,128	0,108	0,075	0,135	0,139
8	25	5	0,702	0,680	0,416	0,723	0,744
9	40	5	0,202	0,149	0,099	0,222	0,230
10	65	5	0,063	0,045	0,034	0,057	0,060
11	65	20	0,273	0,193	0,140	0,243	0,267
12	100	5	0,031	0,023	0,017	0,019	0,018
13	100	20	0,125	0,096	0,068	0,076	0,072
14	150	20	0,081	0,060	0,043	0,037	0,031
15	225	20	0,052	0,039	0,028	0,023	0,017
16	225	75	0,212	0,159	0,114	0,093	0,070
17	325	20	0,034	0,026	0,019	0,015	0,011
18	325	75	0,133	0,098	0,071	0,060	0,044
19	500	75	0,072	0,061	0,046	0,037	0,028
20	760	75	0,044	0,038	0,029	0,023	0,018
21	750	250	0,178	0,140	0,104	0,086	0,065
22	1000	75	0,033	0,026	0,202	0,017	0,012
23	1000	250	0,113	0,093	0,071	0,069	0,044
24	1500	250	0,066	0,054	0,042	0,036	0,028
25	2000	250	0,043	0,036	0,029	0,025	0,019
26	2000	500	0,093	0,075	0,060	0,052	0,041
27	3000	250	0,024	0,020	0,017	0,014	0,012
28	3000	500	0,047	0,040	0,034	0,025	0,024
29	4600	500	0,023	0,021	0,019	0,016	0,014
30	6000	500	0,015	0,014	0,012	0,011	0,009

Таблица 8.8

Результаты измерений вдоль разведочной линии 8

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,900	11,800	11,800	11,900	11,900
2	4,5	1	4,870	4,970	4,930	4,970	4,970
3	6	1	2,630	2,730	2,710	2,720	2,710
4	9	1	1,087	1,170	1,180	1,190	1,180
5	15	1	0,318	0,412	0,415	0,418	0,415
6	16	5	1,820	2,356	2,380	2,370	2,350
7	26	1	0,075	0,136	0,139	0,143	0,140
8	25	5	0,416	0,723	0,744	0,771	0,760
9	40	5	0,099	0,222	0,230	0,251	0,236
10	65	5	0,034	0,057	0,060	0,068	0,060
11	65	20	0,140	0,243	0,257	0,293	0,260
12	100	5	0,017	0,019	0,018	0,019	0,017
13	100	20	0,069	0,075	0,072	0,078	0,069
14	150	20	0,043	0,037	0,031	0,020	0,025
15	225	20	0,028	0,023	0,017	0,011	0,012
16	225	75	0,114	0,093	0,070	0,044	0,048
17	325	20	0,019	0,015	0,011	0,006	0,007
18	325	75	0,072	0,060	0,044	0,024	0,027
19	500	75	0,046	0,037	0,028	0,014	0,017
20	760	75	0,028	0,023	0,018	0,009	0,017
21	750	250	0,104	0,086	0,065	0,034	0,046
22	1000	75	0,020	0,017	0,012	0,007	0,008
23	1000	250	0,071	0,059	0,044	0,024	0,028
24	1500	250	0,042	0,036	0,028	0,015	0,017
25	2000	250	0,028	0,025	0,019	0,010	0,013
26	2000	500	0,060	0,052	0,041	0,022	0,026
27	3000	250	0,017	0,014	0,012	0,007	0,007
28	3000	500	0,034	0,029	0,024	0,013	0,016
29	4600	500	0,018	0,017	0,014	0,008	0,009
30	6000	500	0,012	0,011	0,009	0,005	0,007

Таблица 8.9

Результаты измерений вдоль разведочной линии 8

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,800	11,900	11,900	11,800	11,900
2	4,5	1	4,930	4,657	4,970	4,930	4,970
3	6	1	2,710	2,720	2,710	2,690	2,720
4	9	1	1,180	1,190	1,180	1,150	1,170
5	15	1	0,416	0,418	0,416	0,380	0,390
6	16	5	2,360	2,370	2,350	2,200	2,260
7	26	1	0,139	0,143	0,140	0,107	0,120
8	25	5	0,744	0,771	0,760	0,574	0,640
9	40	5	0,230	0,251	0,236	0,143	0,180
10	65	5	0,060	0,068	0,060	0,038	0,052
11	65	20	0,267	0,293	0,260	0,160	0,221
12	100	5	0,018	0,019	0,017	0,016	0,024
13	100	20	0,072	0,078	0,069	0,064	0,095
14	150	20	0,031	0,026	0,025	0,037	0,062
15	225	20	0,017	0,011	0,012	0,024	0,040
16	225	75	0,070	0,044	0,048	0,099	0,159
17	325	20	0,011	0,006	0,007	0,016	0,027
18	325	75	0,044	0,024	0,027	0,062	0,101
19	500	75	0,028	0,014	0,017	0,039	0,063
20	760	75	0,018	0,009	0,017	0,025	0,039
21	750	250	0,065	0,034	0,046	0,092	0,137
22	1000	75	0,012	0,007	0,008	0,018	0,027
23	1000	250	0,044	0,024	0,028	0,082	0,093
24	1500	250	0,028	0,015	0,017	0,037	0,055
25	2000	250	0,019	0,010	0,013	0,026	0,037
26	2000	500	0,041	0,022	0,026	0,054	0,076
27	3000	250	0,012	0,007	0,007	0,016	0,021
28	3000	500	0,024	0,013	0,016	0,023	0,040
29	4600	500	0,014	0,008	0,009	0,017	0,022
30	6000	500	0,009	0,005	0,007	0,011	0,014

Таблица 8.10

Результаты измерений вдоль разведочной линии 10

№ п/п	AB/2	MN/2	ВЭЗ 1 $\Delta U/I$	ВЭЗ 2 $\Delta U/I$	ВЭЗ 3 $\Delta U/I$	ВЭЗ 4 $\Delta U/I$	ВЭЗ 5 $\Delta U/I$
1	3	1	11,800	11,900	11,900	11,900	11,900
2	4,5	1	4,070	4,970	4,970	4,870	4,860
3	6	1	2,730	2,730	2,730	2,690	2,630
4	9	1	1,170	1,190	1,170	1,150	1,080
5	15	1	0,411	0,417	0,400	0,380	0,318
6	16	5	2,420	2,420	2,320	2,210	1,810
7	26	1	0,137	0,143	0,128	0,108	0,075
8	25	5	0,744	0,777	0,702	0,680	0,416
9	40	5	0,228	0,253	0,202	0,149	0,099
10	65	5	0,065	0,078	0,063	0,045	0,034
11	65	20	0,280	0,353	0,273	0,193	0,140
12	100	5	0,027	0,032	0,031	0,023	0,017
13	100	20	0,105	0,137	0,125	0,096	0,068
14	150	20	0,086	0,074	0,081	0,080	0,043
15	225	20	0,042	0,047	0,052	0,039	0,028
16	225	75	0,170	0,191	0,212	0,159	0,114
17	325	20	0,028	0,031	0,034	0,028	0,018
18	325	75	0,105	0,120	0,133	0,098	0,071
19	500	75	0,066	0,072	0,072	0,061	0,045
20	760	75	0,041	0,044	0,044	0,038	0,028
21	750	250	0,140	0,159	0,178	0,140	0,104
22	1000	75	0,028	0,031	0,033	0,026	0,202
23	1000	250	0,093	0,109	0,118	0,093	0,071
24	1500	250	0,054	0,082	0,066	0,054	0,042
25	2000	250	0,036	0,041	0,043	0,038	0,029
26	2000	500	0,075	0,085	0,093	0,075	0,060
27	3000	250	0,020	0,022	0,024	0,020	0,017
28	3000	500	0,040	0,045	0,047	0,040	0,034
29	4600	500	0,021	0,023	0,023	0,021	0,019
30	6000	500	0,014	0,014	0,015	0,014	0,012

Приложение 1.

Пример *.dat-файла для профиля из 3-х точек ВЭЗ

```
РГГРУ
Полигон 1. Профиль 2.
3 0 10
3 4.5 6 9 15 25 40 65 100 150
ВЭЗ-1
10
40 46 58 68 80 78 60 35 20 17.8
ВЭЗ-2
10
41 46.8 53.9 62.9 75 80 70 44 22.5 17
ВЭЗ-3
10
44 58.6 73.3 88.6 105 112 90 52 28 20
```

Краткое описание *.dat-файла

[Комментарий 1]

[Комментарий 2]

[Число точек ВЭЗ] [ВП] [максимальное число разносов]

[разносы АВ/2]

[Комментарий к точке 1]

[Число разносов на точке 1]

[Значения ρ_k в точке 1]

[Комментарий к точке 2]

[Число разносов на точке 2]

[Значения ρ_k в точке 2]

[Комментарий к точке 3]

[Число разносов на точке 3]

[Значения ρ_k в точке 3]

Приложение 2.

Пример *.dtg-файла для профиля из 3-х точек ВЭЗ

РГГРУ. Кафедра ЭГМ.

Двухслойные кривые ВЭЗ. Задание 3.("Ворота")

5 0 14 3 0 S

5 8 11

1 3 20 75

3 4.5 6 9 15 25 40 65 100 150 225 325

500 750 ! АВ/2

ВЭЗ-1

11

10.5 13 16 22 32 30 44.2 41.7 56.1 76.5 72.6

91.3 85 95 98

ВЭЗ-2

14

9.2 9.3 9.5 10.5 13.4 12.3 19.1 18 26.5 41.4 37.4

54.7 50.6 64.42 80.26 73.31 92.53 85.62 100 106.7

ВЭЗ-3

14

11.1 11.2 11.2 11.3 11.7 11.2 13.3 12.9 15.4 21.7 20.3

30.1 27.9 39.4 51.48 48.46 64.97 60.64 75.23 88.9

Краткое описание *.dtg-файла

[Комментарий 1]

[Комментарий 2]

[Число точек] [ВП] [максимальное число разносов] [Число ворот] [тип данных]

[список номеров разносов, на которых начинаются «ворота»]

[список длин измерительных линий]

[Комментарий к точке 1]

[Число разносов на точке 1]

[Значения ρ_k в точке 1]

[Комментарий к точке 2]

[Число разносов на точке 2]

[Значения ρ_k в точке 2]

[Комментарий к точке 3]

[Число разносов на точке 3]

[Значения ρ_k в точке 3]

Список литературы

1. Доброхотова И.А. Практикум по интерпретации результатов полевых наблюдений в методах электроразведки. М.: 1985.
2. Доброхотова И.А., Ренард И.В.. Электроразведка. Программа, методические указания и контрольное задание для студентов-заочников специальности 08.02, М.: 1994.
3. Доброхотова И.А., Новиков К.В. Электроразведка. Учебное пособие для студентов заочного обучения. М.: РГГРУ, 2009.
4. Инструкция к программе IPI2Win.
5. Якубовский Ю.В., Ляхов Л.Л.. Электроразведка. 5-е издание переработанное и дополненное. М.: Недра, 1988 г.
6. Якубовский Ю.В., Ренард И.В., Электроразведка. М.: Недра, 1991.