

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Электроразведка»
для специальности 21.05.03 Технология геологической разведки

**Ставрополь
2026**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 Электроразведочная аппаратура и оборудование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 Электромагнитное зондирование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 Электромагнитные профилирования

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 Прямые и обратные задачи электроразведки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 Прямые и обратные задачи электроразведки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 Интерпретация результатов электроразведки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 Интерпретация результатов электроразведки

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Требования к оформлению отчета по выполнению лабораторных работ

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Инструктаж по технике безопасности

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Электроразведочная аппаратура и оборудование

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 μ .

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 μ 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 $\frac{\rho_2}{\rho_1}$.

5. Если кривой с таким индексом нет, то 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).

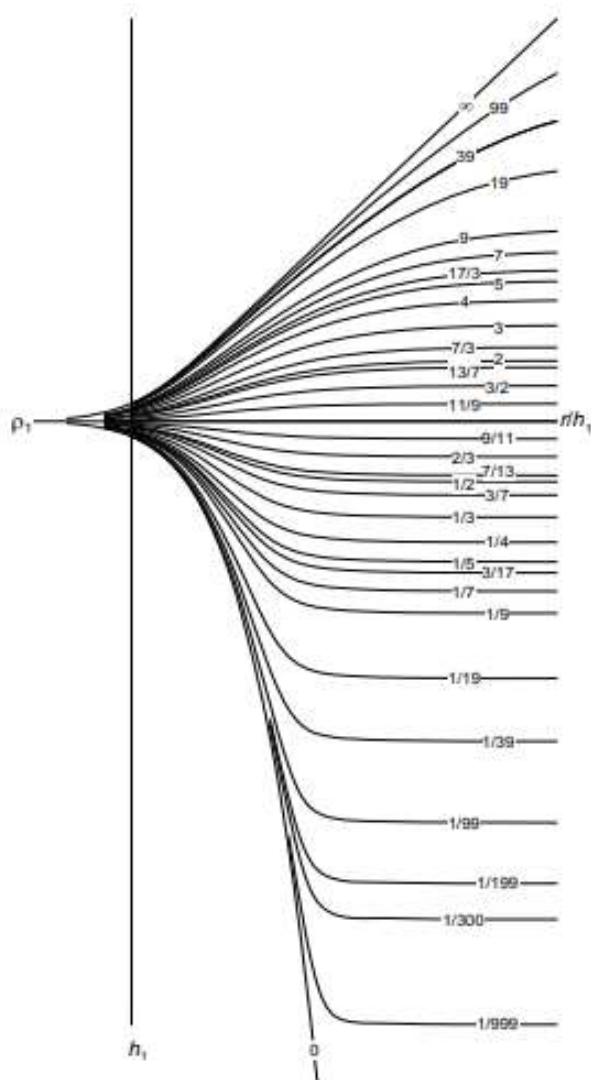


Рис. 2.1.1. Набор теоретических двухслойных кривых ВЭЗ.

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.

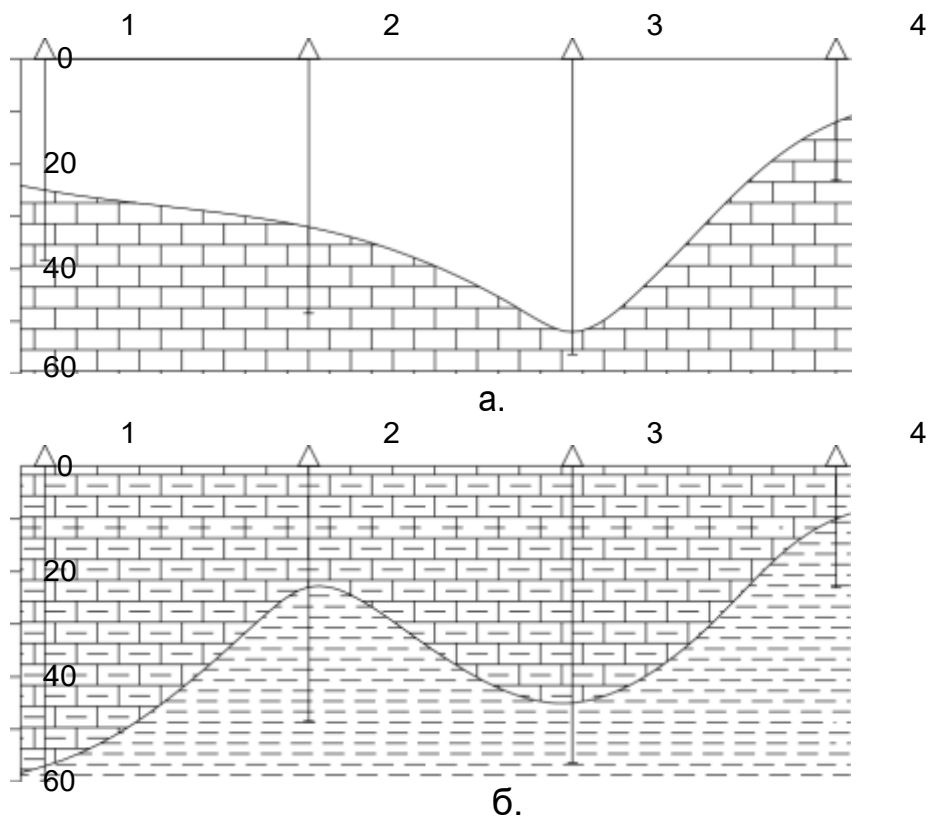


Рис. 2.1.2. Геологические разрезы.

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.).

Контрольные вопросы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Электромагнитное зондирование

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с возможностями генератора электроразведочной аппаратуры «ERA-MAX». Приобретение практических навыков работы с генератором.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Комплект аппаратуры «ERA - MAX»

В настоящее время в электроразведке для работ методами постоянного тока применяются весьма разнообразные комплекты аппаратуры. В Российской Федерации одной из наиболее распространенных является аппаратура «ЭРА», выпускаемая в Петербурге в НПП «ЭРА» (рис. 1). Данная аппаратура предназначена для решения широкого круга относительно малоглубинных геологических задач. Сфера ее применения - инженерные изыскания под строительство и обследование действующих трубопроводов, дорог, гидротехнических сооружений; поиски и разведка месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, экология, археология, обследование фундаментов зданий и подземных коммуникаций и т.д.

В аппаратуре «ERA - MAX» могут использоваться следующие частоты: постоянный ток, 0,61; 1,22; 2,44; 4.88, 50, 100, 625; 1250; 2500 Гц. Предусмотренная автоматическая компенсация ЭДС поляризации приемных электродов и контроль качества заземлений электродов.



Рисунок 1 – Аппаратура «ERA - MAX»

Аппаратура состоит из генератора и приемника и позволяет использовать, как гальванический метод возбуждения и приема поля, так и методику БИЭП (бесконтактное измерение электрических потенциалов). В этой методике поле может возбуждаться и приниматься (или только приниматься) за счет емкостной связи между лежащим на поверхности экранированным проводом и землей. Разумеется, для работы в этом режиме требуется достаточно высокая частота. Обычно в методике БИЭП используется частота 625 Гц. Аппаратура комплектуется специальными средствами для работы по этой методике, в состав которых входят активные приемные электроды, воздушная телескопическая антенна, стелющиеся приемные и питающие линии. Применение более низких частот, чем

стандартная частота 4,88 Гц, может быть полезно и для уменьшения индукционной наводки на провода и для изучения вызванной поляризации. Аппаратура позволяет работать и индукционными методами, в этом случае можно использовать частоты 1250 и 2500 Гц. Частоты 50 и 100 Гц могут использоваться для трассировки подземных кабелей и работы с измерением техногенных полей при применении специального индукционного датчика. Кроме того, в комплект аппаратуры включена феррозондовая антенна, позволяющая использовать приемник «ERA - MAX» как магнитометр.

В аппаратуре обеспечивается аналоговая и цифровая обработка сигнала, предусмотрена память 5200 отсчетов. Для подключения к компьютеру используется интерфейс RS-232. Предусмотрен просмотр профилей и пикетов на дисплее прибора, регистрация времени и даты записи каждого пикета, а также режим мониторинга – непрерывной по времени записи (30000 отсчетов).

3.2 Генератор «ERA – MAX» - назначение и технические характеристики

Генератор «ERA – MAX» обеспечивает возбуждение в активной нагрузке выходного постоянного тока или тока симметричной прямоугольной формы (меандр) на частотах 0; 1,22; 2,44; 4,88; 625; 1250, 2500 Гц, автоматическую установку значений выходного тока, автоматическую стабилизацию выбранных значений выходного тока при изменении сопротивлений нагрузок и напряжения питания генератора.

Прибор работает при температуре окружающего воздуха от -25 до 60⁰С, относительной влажности воздуха до 90 % при 30⁰С и атмосферном давлении от 460 до 800 мм рт. ст. Масса генератора (с внутренними источниками питания) 2,2 Кг. Максимальное сопротивление нагрузки генератора при максимальном напряжении питания в режиме непрерывной работы составляет, не менее 2 мОм при $I = 0,5$ мА и 500 Ом при $I = 200$ мА.

Максимальная входная мощность генератора 40 Вт. Максимальное выходное напряжение - не менее 1000 В.

Генератор имеет встроенный (внутренний) источник питания – аккумулятор типа Panasonic LC-SD122PU ёмкостью 2 АЧ. Максимальная мощность генератора при работе от встроенного аккумулятора - 11,5 Вт.

Внешнее питание генератора в диапазоне рабочих напряжений (12-30) В может осуществляться от источника постоянного тока, например, от аккумуляторного блока питания, входящего в комплект аппаратуры ERA-MAX. Максимальная мощность генератора при работе от внешнего аккумулятора - 40 Вт.

Принцип действия генератора состоит в преобразовании низковольтного постоянного напряжения источников питания в регулируемое постоянное, а затем в инвертируемое высоковольтное выходное напряжение, обеспечивающее заданное значение стабилизированного выходного тока в нагрузке генератора.

Назначение органов управления и индикации, размещенных на лицевой панели генератора (рис.2) приведено в таб .1.

Таблица 1 – Назначение органов управления и индикации, размещенных на лицевой панели генератора

Гнезда «АВ»	Для подключения питающих линий «АВ»
Гнезда «+» и «-»	Для подключения внешнего источника питания
Кнопка «ON/OFF»	Для включения и выключения генератора
«⇔»	Для выбора пунктов меню
«Enter»	Для подтверждения выбора пунктов меню
«Cancel»	Для отмены выбора пункта меню
Цифровой дисплей	Для отображения режимов работы генератора



Рисунок 2 – Лицевая панель генератора “ERA-MAX”

При использовании для питания генератора внешних источников их выводы следует подсоединить к гнездам «+» и «-» на лицевой панели прибора, очистив предварительно внутренность гнезд от изолирующей окиси. Необходимо следить за соблюдением правильной полярности подключения внешнего источника.

Внимание: Включение генератора при ошибке в полярности питания приводит к его выходу из строя!

В качестве внешнего источника питания генератора могут быть использованы аккумуляторные блоки «ERA-MAX», «External Battery»; «НКТК-15», электроразведочные батареи ГРМЦ-29, сетевые блоки питания и другие низковольтные источники тока.

Аккумуляторные блоки подключаются к генератору с помощью кабелей. Рекомендуется следующий порядок подключения аккумуляторных блоков к генератору. Вначале кабель с соблюдением необходимой полярности подключаются к входным гнездам внешнего питания генератора (предварительно внутренность гнезд необходимо очистить от непроводящего окисного слоя). Затем разъемы кабеля подключаются к аккумуляторным блокам. При отключении кабелей порядок их использования обратный, т.е. вначале отключаются разъемы от аккумуляторных блоков. Указанный

порядок использования кабелей исключает возможность короткого замыкания аккумуляторных блоков через оголенные штыри вилок при их случайном касании металлической поверхности (при коротком замыкании обычно сгорают монтажные провода аккумуляторных блоков).

3.3 Работа с генератором

Включение генератора производится нажатием кнопки «ON\OF». При включении генератора на табло в течение 4 секунд отображается надпись:

			*	*	G	E	N	-	4	F	*	*			
				E	R	A	-	M	A	X	.				

По истечении этого времени появляется главное меню генератора – «START»:

F	=		6	2	5	H	z	,	I	=	0	.	5	m	A
S	T	A	R	T		?									

Нажатие кнопки ENTER актуализирует генератор с выбранными параметрами частоты «F» и стабилизированного тока «I».

При выключении генератора значения установленных значений частоты и тока сохраняются.

Установка рабочей частоты.

Для установки рабочей частоты генератора, из меню «START», кнопкой «⇔» выберите пункт меню «SELECT F» (выбор частоты).

F	=		6	2	5	H	z	,	I	=	0	.	5	m	A
S	E	L	E	C	T		F								

Подтверждение выбора режима установки частоты – производится нажатием кнопки «Enter» . Этот режим отображается на индикаторе миганием символа «F». Если после выбора режима «SELECT F», вы решили отказаться от выбора частоты, и вернуться в режим «START» - нажмите кнопку «Cancel».

F	=		6	2	5	H	z		I	=	0	.	5	m	A
S	E	L	E	C	T		F								

Выбор частоты осуществляется нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ ». Подтверждение выбранной частоты – осуществляется нажатием кнопки «Enter»

Установка значения выходного тока.

Процедура установки значения выходного тока аналогична процедуре установки рабочей частоты. Для установки значения выходного тока, кнопкой « $\Leftrightarrow$ » выберите пункт меню « SELECT I» (выбор тока).

F	=		6	2	5	H	z		I	=	0	.	5	m	A
S	E	L	E	C	T		I								

Подтверждение выбора режима установки тока «I» – производится нажатием кнопки «Enter». Этот режим отображается на индикаторе миганием символа «I». Если после выбора режима «SELECT I», вы решили отказаться от выбора значения выходного тока, и вернуться в режим «START» - нажмите кнопку «Cancel». Выбор тока осуществляется нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ » Подтверждение выбранного значения выходного тока осуществляется нажатием кнопки «Enter». Для выхода в режим «START» - нажмите кнопку «Cancel»

Режим генерации тока.

Для включения генерации тока в линию «AB», после установки значений выходного тока и частоты, нажмите кнопку «Enter» . При этом

генератор начинает генерировать ток в нагрузку. Первый этап стабилизации тока - «SOFT START» (мягкий старт) – длится, в зависимости от выбранной частоты от 2 до 12 сек.

F	=		6	2	5	H	z		I	=	0	.	5	m	A
S	o	f	t		s	t	a	r	t						

В процессе стабилизации тока, на дисплее индицируется вычисленное значение отношения выходного тока в данный момент к заданному выходному току, выраженное в процентах.

F	=		6	2	5	H	z		I	=	0	.	5	m	A
D	E	L	T	A		1	2	%							

Ток стабилизируется только после окончания этого режима. Ток в этом режиме может очень незначительно отличаться от того, который будет установлен в режиме «Stabilized» (стабилизировано), тем не менее, истинное значение стабилизированного тока ($\pm 1.5\%$) будет установлено только после индикации на дисплее «Stabilized».

В режиме «Stabilized» (стабилизировано) на дисплее генератора, также, индицируется значение сопротивления нагрузки генератора.

F	=		6	2	5	H	z		I	=	0	.	5	m	A
S	t	a	b	i	l	i	z	e	d	,	2	9	1	k	

Разрыв питающей линии.

При разрыве питающей линии «AB» генерация прекращается и на дисплее индицируется надпись «Decrease I» (уменьшите ток).

F	=	4	,	8	8				I	=			1	m	A
D	e	c	r	e	a	s	e		I						

Из этой ситуации, меню прибора предоставляет два пути продолжения работы:

1. При нажатии кнопки «Enter» - переход в режим выбора тока («SELECT I»). Далее производится выбор тока.

2. При нажатии кнопки « $\Leftrightarrow$ » - происходит попытка стабилизации тока в питающей линии, причем, с теми же параметрами, которые были зафиксированы перед обрывом «AB». Такая процедура позволяет во многих случаях сократить продолжительность режима «SOFT START».

Индикация отсутствия (невозможности) стабилизации тока

При невозможности стабилизации тока в питающей линии (ограничение по минимальному напряжению в нагрузке (5В); по максимальной мощности или по максимальному напряжению в нагрузке), на дисплее выдается два типа сообщений:

1. «Increase I» (увеличить ток)

Такое сообщение соответствует ситуации, когда сопротивление нагрузки слишком мало для выбранного значения тока. Минимальные сопротивления нагрузки для каждого значения тока приведены в таб. 3.2.

Таблица 2 – Минимальные сопротивления нагрузки

I, mA	0.5	1.0	1.5	2	5	10	20	50	100	200
Rmin, Ом	10000	5000	3330	2500	1000	500	250	100	50	25

2. «Decrease I» (уменьшить ток).

Такое сообщение соответствует двум возможным ситуациям:

а) напряжение генератора (вычисленное), необходимое для стабилизации тока в нагрузке должно быть больше максимально возможного -1000 В. Максимальные сопротивления нагрузки для каждого значения стабилизированного тока приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальные сопротивления нагрузки

I (мА)	0.5	1.0	1.5	2	5	10	20	50	100	200
R _{Umax} , кОм	2000	1000	666	500	100	50	25	-	-	-

Для токов 50; 100; 200 мА, значения максимальных R_{Umax} не указаны, так как вступает в силу ограничение по максимально допустимой мощности генератора – 40 Вт. (см. пункт «б»).

б) Мощность генератора необходимая для стабилизации тока в нагрузке больше максимально допустимой (40 Вт, - с внешним источником питания и 12 Вт, - с внутренним источником питания). Максимальные сопротивления нагрузки для каждого значения стабилизированного тока приведены в таблице 4 (при подключенном внешнем источнике питания) и 5 (при работе только от внутреннего источника питания).

Таблица 4 – Максимальные сопротивления нагрузки

I (мА)	0.5	1.0	1.5	2	5	10	20	50	100	200
R _{Pmax} , кОм	-	-	-	-	-	-	-	16	4	1

Для токов 0.5; 1; 1.5; 2; 5; 10; 20; мА, значения R_{Pmax} не указаны, так как ранее вступает в силу ограничение по максимально допустимому выходному напряжению генератора – 40 Вт. (см. пункт «а.»).

Таблица 5 – Максимальные сопротивления нагрузки

I (мА)	0.5	1.0	1.5	2	5	10	20	50	100	200
R _{Pmax} , кОм	-	-	-	-	-	120	30	4,8	1,2	0,3

В обоих случаях, когда выдаётся сообщение «Increase I» или сообщение «Decrease I» меню прибора предоставляет два пути продолжения работы:

1. При нажатии кнопки «Enter» - переход в режим выбора тока. Далее производится выбор тока.

2. При нажатии кнопки « $\Leftrightarrow$ » - происходит попытка стабилизации тока в питающей линии.

При коротком замыкании питающей линии выдается сообщение «Short circuit» и генерация прекращается.

				W	A	R	N	I	N	G				
	S	h	o	r	t		c	i	r	c	u	i	t	

Для выхода в основное меню прибора нужно нажать кнопку «Enter» или « $\Leftrightarrow$ » или «Cancel» .

Настройки («TUNING»)

Вход в меню «TUNING» (настройки) осуществляется при нажатии кнопки «Cancel» в режиме «START».

Меню «TUNING» (настройки) включает 4 подпункта:

1. «LED BACKLIGHT» - подсветка индикатора.

T	U	N	I	N	G	:								
>	L	E	D		B	A	C	K	L	I	G	H	T	

- Для вход в режим выбора подсветки индикатора необходимо нажать кнопку «Enter».
- Выбор режима работы с подсветкой индикатора/без подсветки индикатора – осуществляется кнопкой « $\Leftrightarrow$ ».
- Подтверждение выбора режима – нажатие кнопки «Enter».
- Выход в режим «START» - нажатие кнопки «Cancel».

2. «SYNCHRONIZATION» - синхронизация.

- Режим синхронизации используется для реализации метода вращающегося поля и обеспечивает работу двух генераторов со сдвигом фаз 90 градусов. Выбор «ведущего» генератора (MASTER) и ведомого (SLAVE) – осуществляется из меню «SYNCHRONIZATION».

Примечание: для соединения двух генераторов работающих по методу вращающегося поля требуется специальный кабель (поставляется дополнительно).

T	U	N	I	N	G	:									
>	S	Y	N	C	H	R	O	N	I	Z	A	T	I	O	N

Выход из меню «TUNING» осуществляется нажатием кнопки «Cancel».

3. TYPE STAB – тип стабилизации.

T	U	N	I	N	G	:									
>	T	Y	P	E		S	T	A	B						

Вход в режим TYPE STAB осуществляется по нажатию кнопки «Enter».

Возможны следующие режимы типа стабилизации генератора:

- «Accumulate» - стабилизация тока производится по среднему значению
- «Watch» – стабилизация производится на основе мгновенного значения тока в питающей линии.
- «Hold» – ток в питающей линии стабилизируется только один раз после окончания режима «Soft start». Далее, значение напряжение на выходе линии АВ, установленное для стабилизации тока в нагрузке сохраняется неизменным, даже в случае обрыва питающей линии. Режим «Hold» может быть использован при работе со стелющимися линиями.

Выбор режима работы осуществляется кнопкой «⇔», а подтверждение выбора режима – нажатием кнопки «Enter».

4. ACCUMULATOR.

Этот пункт меню не относится к настройкам, а дает информацию о напряжении встроенного или внешнего аккумулятора (если внешний аккумулятор подключен).

T	U	N	I	N	G	:									
>															

A	C	C	U	M	U	L	A	T	O	R	:				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

			1	2	.	4		V							
--	--	--	---	---	---	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--

4 ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Аппаратура. Для выполнения лабораторной работы необходима электроразведочная станция «ERA-MAX» в комплекте генератор и измеритель, а также персональный компьютер со следующими характеристиками: процессор Pentium/Celeron с тактовой частотой 1000 МГц и выше, оперативная память 512 Мбайт и более, свободное дисковое пространство – не менее 100 Мбайт, монитор типа Super VGA.

Программное обеспечение. Для выполнения лабораторной работы необходима операционная система Windows 2000/XP и дополнительное программное обеспечение станции электроразведочной «ERA-MAX».

5 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Общие положения

При выполнении лабораторной работы **запрещается:**

- самостоятельно производить ремонт персонального компьютера, а также установку и удаление имеющегося программного обеспечения;
- нарушать общепринятые правила техники безопасности при работе с электрооборудованием, в частности, касаться электрических розеток металлическими предметами и т. д.;
- принимать пищу, напитки и сорить на рабочем месте пользователя персонального компьютера.

В случае неисправности персонального компьютера необходимо **немедленно** сообщить об этом обслуживающему персоналу лаборатории (системному администратору).

5.2 Правила безопасности при работе с генератором

При работающем генераторе источником опасности являются выходные гнезда "АВ" генератора, а также находящиеся под напряжением провода и электроды питающей линии АВ. При всех работах с аппаратурой необходимо соблюдать следующие основные меры предосторожности:

1. Генератор, батареи питания или аккумуляторные блоки в случае их стационарной установки (для непрерывной работы) должны быть изолированы от земли (например, посредством их размещения на резиновом или полиэтиленовом коврике);

2. Перед каждым включением генератора необходимо оповестить об этом персонал, обслуживающий питающую линию АВ;

3. Запрещается производить ремонтные работы в блоках аппаратуры, находящихся под напряжением; запрещается прикасаться без защитных резиновых перчаток к проводам (катушкам) и электродам питающей линии "АВ", находящимся под напряжением;

4. Во время перерывов в работе и после окончания работ генератор следует немедленно отключать от питающей линии АВ;

5. Для предотвращения внезапного падения включенного генератора (при его стационарной установке) концы проводов питающей линии перед подключением к гнездам "АВ" генератора должны быть надежно закреплены (привязаны к деревьям, кустам или другим предметам);

6. В случае угрожающей грозовой активности (возможность удара молнии в непосредственной близости от питающей линии АВ) работы следует прекратить, отключить генератор от линии АВ, концы линии АВ отбросить от обслуживающего персонала на (15-20) м.

6 ЗАДАНИЯ

6.1 Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в

разделе 2 настоящих методических указаний.

6.2 Произвести знакомство с возможностями генератора «ERA-MAX» и методами его использования.

6.3. Для закрепления полученных знаний произвести установку рабочего режима генератора, заданного преподавателем.

6.4. Выполнить измерения сопротивления подповерхностных слоев через зондирующие электроды АВ.

7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде текстового документа и должен содержать:

- 1 Название лабораторной работы.
- 2 Цель лабораторной работы.
- 3 Формулировку задания и результат его выполнения.
- 4 Краткие выводы по результатам выполнения лабораторной работы. В выводах необходимо отразить, каких результатов удалось достичь при выполнении лабораторной работы.

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.1 Состав оборудования электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.2 Какими возможностями обладает генератор электроразведочной станции «ERA-MAX»?

8.3 Каким образом можно проверить состояние внутренней аккумуляторной батареи генератора электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.4 Каким образом можно использовать внешнюю аккумуляторную батарею при работе с генератором электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.5 Порядок вывода генератора электроразведочной станции «ERA-MAX» в рабочий режим работы.

8.6 Основные приемы работы с генератором электроразведочной станции «ERA-MAX» при электроразведке на постоянном токе.

8.7 Основные приемы работы с генератором электроразведочной станции «ERA-MAX» при электроразведке на переменном токе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ РЕКОМЕНДУЕМЫЙ К
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ: [1 – 3, 6 – 7]

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Электромагнитные профилирования

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с возможностями измерителя электроразведочной аппаратуры «ERA-MAX». Приобретение практических навыков работы с измерителем.

2 ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ИЛИ ИХ ЧАСТИ

Лабораторная работа формирует у учащихся следующие компетенции: общекультурные (ОК-2), профессиональные (ПК-2; ПК-8; ПК-10; ПК-12; ПК-25; ПК-30).

3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Измеритель «ERA-MAX»

3.1.1 Назначение и технические характеристики

Измеритель предназначен для проведения электроразведочных работ в составе аппаратуры «ЭРА» всех модификаций на частотах: 0,61; 1,22; 2,44; 4,88, 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц и постоянном токе методами сопротивлений, заряда, естественного поля, для методов изысканий проектных трасс трубопроводов и для методов обследования технического состояния действующих трубопроводов. Общий вид измерителя показан на рис. 1.

Рабочими условиями применения аппаратуры являются:

1. Температура окружающего воздуха от минус 20 до +60 °С

2. Относительная влажность воздуха до 90 % при 30 °C
3. Атмосферное давление от 460 до 800 мм рт. ст.

Масса измерителя (с внутренними источниками питания) 1,3 кг.



Рисунок 1 – Измеритель «ERA-MAX»

Измеритель позволяет измерять параметр “ q ”, Ом, являющийся отношением значений входного напряжения измерителя к выходному току генератора на рабочей частоте, согласно формуле (1):

$$q = \frac{n}{\beta}, \quad (1)$$

где “ n ” - отсчет по цифровому табло, переведенный в милливольты (мВ),

β - масштабный коэффициент поддиапазонов выходного тока генератора;

$\beta = 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100$, - для частот 1,22; 2,44; 4,88; 9,76; 19,52, 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц

Измеритель позволяет измерять абсолютное значение и знак входного напряжения постоянного тока (В; мВ; мкВ) согласно формуле (2):

$$U = n \quad (2)$$

где n - отсчет по цифровому табло.

Диапазон измеряемых значений параметра “ q ”, Ом, находится в пределах:

$(1.50 \cdot 10^{-2} - 3.86 \cdot 10^3)$	- для частоты 0 Гц.;
$(1.50 \cdot 10^{-5} - 3.86 \cdot 10^3)$	- для частоты 4.88 Гц.;
$(3.00 \cdot 10^{-5} - 1.93 \cdot 10^3)$	- для частоты 625 Гц.

Диапазон измеряемых напряжений, U , (В), постоянного тока находится в пределах: $1 \cdot 10^{-4}$ до 4.

Предел “ δq ”, %, допускаемой основной относительной погрешности измерения параметра “ q ”, составляет $\delta q = \pm 4$

Предел “ δU ”, %, допускаемой основной относительной погрешности измерения постоянного напряжения “ U ”, составляет $\delta U = \pm 2$

Пределы допускаемых основных относительных погрешностей измерений параметра “ q ” и входного напряжения “ U ” при отсчетах менее 9,9 мкВ, составляют $\delta q = \pm 16 \%$ и $\delta U = \pm 10 \%$.

Пределы допускаемых дополнительных относительных погрешностей измерений параметра “ q ” и входного напряжения “ U ”, вызванных изменением температуры окружающего воздуха от $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ до любой температуры в пределах от минус 20 до $+ 50 ^\circ\text{C}$, составляют $0.1 \delta q$ и $0.1 \delta U$ на каждые $10 ^\circ\text{C}$.

Для измерения параметра “ q ” с требуемой точностью предусмотрена возможность проведения совместной калибровки генератора и измерителя с помощью калибровочного устройства, входящего в комплект поставки генератора.

Измеритель обеспечивает автоматическую компенсацию постоянного напряжения естественного электрического поля и ЭДС поляризации приемных электродов (не менее ± 4 В).

Полоса пропускания частотной характеристики измерителя на рабочей частоте 4.88 Гц не превышает 0.3 Гц. на уровне 0,7; на рабочей частоте 625 Гц. не превышает 1 Гц. на уровне 0.7.

Входное активное сопротивление измерителя, мОм, составляет не менее:

1. 100 - на частотах 0,61; 1,22; 2,44; 4,88, 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц;
2. 100 - на частоте 0 Гц.
3. Входная емкость измерителя составляет не более 15 пФ.
4. "Шумы" измерителя характеризуются средними отсчетами "n" по цифровому табло, не превышающими:
5. 0,5 мкВ - для частот 0,61; 1,22; 2,44; 4,88, 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц. в режиме "открытого входа";
6. 5 мкВ - для частоты 0 Гц. в режиме "короткозамкнутого входа".

Коэффициент подавления, дБ, измерителем помех синусоидальной формы нормального вида с входным среднеквадратическим значением напряжения до 1 В составляет не менее:

1. 80 - для помех частотой 50 Гц, при измерениях на частоте 0 Гц.;
2. 100 - для помех частотой 50 Гц. при измерениях на частоте 0,61; 1,22; 2,44; 4,88, 625; 1250; 2500 Гц.;
3. 100 - для радиопомех 10 кГц. и более при измерениях на частоте 0,61; 1,22; 2,44; 4,88, 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц.

Измеритель имеет устройство для контроля на всех рабочих частотах сопротивления приемной линии, подключенной к входным гнездам "MN".

Измеритель имеет устройство твердотельной памяти, предназначенное для записи и хранения следующей информации:

1. выводимой на цифровое табло измерителя (номер участка работ (файла), профиля и пикета, метки);
2. служебной информации, вводимой оператором;
3. даты и времени записи отсчета, произведенного оператором.

Количество записываемых в память единиц информации (отсчетов цифрового табло или пикетов) 5200. В режиме мониторинга (непрерывной записи) 30000.

Устройство памяти обеспечивает:

1. запись измеряемого значения как в произвольно выбираемый пикет (профиль, файл) так и возможность последовательной записи с увеличением номера пикета;
2. возможность записи по выбору одной из десяти различных меток для любого пикета;
3. возможность записи “пустых” пикетов (пикетов, где цифровое значение отсчета “n” заменено словом “non”);
4. просмотр записанных значений на табло измерителя;
5. автоматическую запись с заданным периодом.

Интерфейс для вывода данных из измерителя в компьютер – RS-232C.

Скорость вывода на компьютер информации, записанной в память: (не менее) 115200 бод.

Интерфейсная программа вывода информации из памяти на компьютер предусматривает запись информации в компьютер в виде ASCII-файла с цифровыми данными, оформленными в виде таблицы.

Питание измерителя в диапазоне рабочих напряжений (10,5 – 14,4) В может осуществляться от следующих видов внутренних источников:

- от аккумулятора типа LC-SD122PU (12В; 2,0 Ач) (Panasonic)
- от аккумулятора типа VW-VBF2T (12В; 2,0 Ач) (Panasonic)

Измеритель имеет внешнее зарядное устройство встроенных аккумуляторов, работающее от сети 220В.

Ток питания измерителя:

1. не более 60 мА (в режиме измерения);
2. не более 15 мА (в режиме ожидания);
3. не более 1 мкА (в выключенном состоянии)

Питание измерителя (кроме режима автоматической записи) автоматически отключается, если в течение 15 минут не используется хотя бы одна управляющая клавиша.

3.1.2 Устройство измерителя

Принцип действия измерителя при измерении входного напряжения состоит из следующих основных пунктов – аналоговая частотная фильтрация, аналого-цифровое преобразование, цифровая фильтрация.

В измерителе реализована совокупность взаимозависимых и противоречивых требований: высокое входное сопротивление, низкая входная емкость, низкий уровень собственных шумов, высокая помехоустойчивость, широкий динамический диапазон, малое потребление энергии.

Назначение органов управления и индикации, размещенных на лицевой (рис. 2.) и передней (рис. 3) панелях измерителя:

Таблица 1 – Назначение органов управления лицевой панели

Лицевая панель измерителя		
Наименование	гнезда "MN"	- для подключения приемной линии при измерениях на переменном и постоянном токах;
	Многофункциональный разъем	- для подключения датчиков: активных электродов; магнитной антенны «ЭРА-Феррозонд» и др. - для подключения блока питания (для зарядного устройства). - для подключения кабеля для вывода данных (RS-232).

Таблица 2 – Назначение органов управления передней панели

Передняя панель измерителя		
Наименование	«ON/OFF»	- для включения и выключения измерителя.
	«R»	- для проверки сопротивления заземленной приемной линии.
	«M»	- для задания метки пикета.
	«Enter»	- для подтверждения выбора пункта меню/для записи в память.
	«↔»	- для выбора пунктов меню.
	«Cancel»	- для отмены выбора пункта меню.



Структура меню управления измерителем.

Главное меню состоит из пунктов, перечисленных в таблице 3.
Подпункты главного меню приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Структура меню управления измерителем.

Главное меню
«MEASUREMENT»
«MEMORY»
«CALIBRATION»
«SETTING»

Таблица 4 – Подпункты главного меню

Наименование пунктов главного меню	«MEASUREMENT»	«MEMORY»	«CALIB- RATION»	«SETTING»

Наименование подпунктов меню	«NON STATION»	«CHECK SPACE»		TIME & DATE
	«NEW STATION»	«DATA ERASE»		RECORDING MODE
	«SELECT FREQUENCY»	«CHECK EPROM»		FILTER ORDER
	«DC COMPENSATION» *			TYPE MEASURE
	«DATA REVIEW» **			

* - только в режиме постоянного тока;

** - только если ранее был записан хотя бы один пикет.

3.1.3 Общие указания по эксплуатации

Перед вводом измерителя в эксплуатацию необходимо произвести его осмотр, проверить комплектность и ознакомиться с прилагаемой документацией.

Измеритель следует оберегать от резких толчков, ударов и повреждений, как при работе, так и при транспортировании. Следует избегать прямого воздействия на аппаратуру атмосферных осадков (дождь, туман, снег) и солнечных лучей. Место стационарной установки измерителя при его длительной работе должно быть защищено тентом или каким-либо другим укрытием.

Работы с аппаратурой необходимо проводить в соответствии с действующими ГОСТами, инструкцией по электроразведке (Л., Недра, 1984. 352 с.), методическими пособиями и руководствами.

При работе с аппаратурой необходимо соблюдать правила безопасности, изложенные в инструкциях "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" (3-е издание), "Правила безопасности при геологоразведочных работах" (утверждены Госгортехнадзором 20.03.79 г.).

По способу защиты человека от поражающего действия электрического тока измеритель относится к классу 01.

4 ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Аппаратура. Для выполнения лабораторной работы необходима электроразведочная станция «ERA-MAX» в комплекте генератор и измеритель, а также персональный компьютер со следующими характеристиками: процессор Pentium/Celeron с тактовой частотой 1000 МГц и выше, оперативная память 512 Мбайт и более, свободное дисковое пространство – не менее 100 Мбайт, монитор типа Super VGA.

Программное обеспечение. Для выполнения лабораторной работы необходима операционная система Windows 2000/XP и дополнительное программное обеспечение станции электроразведочной «ERA-MAX».

5 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторной работы **запрещается:**

- самостоятельно производить ремонт персонального компьютера, а также установку и удаление имеющегося программного обеспечения;
- нарушать общепринятые правила техники безопасности при работе с электрооборудованием, в частности, касаться электрических розеток металлическими предметами и т. д.;
- принимать пищу, напитки и сорить на рабочем месте пользователя персонального компьютера.

В случае неисправности персонального компьютера необходимо **немедленно** сообщить об этом обслуживающему персоналу лаборатории (системному администратору).

6 ЗАДАНИЯ

6.1 Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в разделе 2 настоящих методических указаний.

6.2 Произвести знакомство с возможностями измерителя «ERA-MAX» и методами его использования.

6.3. Для закрепления полученных знаний произвести запись числовой последовательности данных в измеритель с использованием меток, а затем произвести передачу полученных данных в ПЭВМ для последующей обработки.

7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде текстового документа и должен содержать:

- 1 Название лабораторной работы.

2 Цель лабораторной работы.

3 Формулировку задания и результат его выполнения.

4 Краткие выводы по результатам выполнения лабораторной работы. В выводах необходимо отразить, каких результатов удалось достичь при выполнении лабораторной работы.

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.1 Состав оборудования электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.2 Какими возможностями обладает измеритель электроразведочной станции «ERA-MAX»?

8.3 Каким образом можно проверить состояние внутренней аккумуляторной батареи измерителя электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.4 Каким образом можно проверить состояние внутренней памяти измерителя электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.5 Каким образом зависит время измерения данных от установленных параметров входного фильтра измерителя.

8.6 Основные приемы работы с измерителем электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.7 Каким образом можно выполнить передачу данных из измерителя электроразведочной станции «ERA-MAX» в ПЭВМ?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ РЕКОМЕНДУЕМЫЙ К
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ: [1 – 3, 6 – 7]**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Прямые и обратные задачи электроразведки

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с режимами работы электроразведочной аппаратуры «ERA-MAX». Приобретение практических навыков их программирования.

2 ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ИЛИ ИХ ЧАСТИ

Лабораторная работа формирует у учащихся следующие компетенции: общекультурные (ОК-2), профессиональные (ПК-2; ПК-8; ПК-10; ПК-12; ПК-25; ПК-30).

3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Подготовка аппаратуры «ERA-MAX» к измерениям и порядок работы

Установка даты и времени.

Включите измеритель – кнопкой «ON/OFF», расположенной на передней панели. На несколько секунд высветится надпись:



* E R A - M U L T I M A X *
d d / m m / y y h h : m m

Затем появится главное меню:



M E N U S E L E C T
> M E A S U R E M E N T

Выберите подменю «TIME & DATE» режима «SETTING».

S E T T I N G
> T I M E & D A T E

Нажмите кнопку «Enter». Появится следующее сообщение.

S E T T H E D A Y
0 1 ± 0 1 / 0 2 0 4 : 2 7

Кнопкой « $\Leftrightarrow$ » устанавливается текущая дата (число месяца). При знаке «+» после числа – направление выбора в сторону увеличения значений, при знаке «минус» - направление выбора в сторону уменьшения значений. Смена знака производится нажатием кнопки «M» Подтверждение выбора - производится нажатием кнопки «Enter». После этого осуществляется установка месяца. Процедура установки та же, что и при установке числа.

S E T T H E M O N T H
0 1 / 0 1 ± 0 2 0 4 : 2 7

После подтверждения установки числа (клавиша «Enter») начинается установка года, по той же процедуре, как и время и день.

S E T T H E Y E A R
0 1 / 0 1 / 0 2 ± 0 4 : 2 7

После подтверждения установки года (клавиша «Enter») начинается установка времени (часы и минуты), по той же процедуре, как день и год.

S E T T H E H O U R
0 1 / 0 1 / 0 2 0 4 ± 2 7

S E T T H E M I N U T E
0 1 / 0 1 / 0 2 0 4 : 2 7 ±

Нажмите кнопку «Enter». Процедура установки даты – закончена.

3.2 Работа с измерителем в режиме измерения

Включить измеритель, нажав кнопку «ON/OF». На цифровом табло должны появиться надпись «ERA-MULTIMAX», текущие дата (дд/мм/гг) и время (чч:мм). Через несколько секунд (или раньше, при нажатии любой из клавиш: «Enter», « $\leftrightarrow$ », «Cancel») измеритель перейдет в режим выбора пунктов главного меню и появится надпись: «MENU SELECT» - выбор режима.

* E R A - M U L T I M A X *
d d / m m / y y h h : m m

M E N U S E L E C T
> M E A S U R E M E N T

Для проведения измерений нужно выбрать режим «MEASUREMENT». На табло появятся значение текущего файла (участка) «F» (Fail), профиля «L» (Line), пикета «S» (Station), измеренного значения и выбранной частоты.

F 9 9 L $\pm$ 9 9 S $\pm$ 9 9 8
f f f f H z 1 0 . 3 m V

Измеритель начинает измерять на выбранной частоте. Для входа в подменю режима «MEASUREMENT» нажмите кнопку « $\leftrightarrow$ ».

Подменю режима «MEASUREMENT» состоит из пунктов, перечисленных в таблице 1.

Переход от одного пункта меню к другому осуществляется нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ ». Выбор пункта меню осуществляется нажатием кнопки «Enter». Отмена (отказ) от выбора данного пункта меню – нажатием кнопки «Cancel».

Таблица 1 - Подменю режима «MEASUREMENT»

В режиме измерения переменного тока (1,22; 2,44; 4,88; 9,76; 19,52; 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц)		В режиме измерения постоянного тока (DC)	
1.	«NON STATION»	1	«NON STATION»
2.	«NEW STATION»	2	«NEW STATION»
3.	«SELECT FREQUENCY»	3	«SELECT FREQUENCY»
4.	«DATA REVIEW» (*)	4	«DC COMPENSATION»
		5	«DATA REVIEW» (*)

Примечание: пункт, помеченный знаком (*) появляется в меню, если в память измерителя будет записано хотя бы одно значение пикета.

Выбор частоты измерения.

Выберите из подменю режима измерения «MEASUREMENT», пункт «SELECT FREQUENCY»

M	E	A	S	U	R	E	M	E	N	T	:				
>	S	E	L	E	C	T		F	R	E	Q	.			

и нажмите кнопку «Enter». На табло появится надпись «SELECT FREQUENCY» и значение установленной частоты.

S	E	L	E	C	T		F	R	I	Q	U	E	N	C	Y
						6	2	5	H	Z					

Нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ » производится выбор частоты из ряда частот DC; 1,22; 2,44; 4,88; 9,76; 19,52; 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц. Для подтверждения выбора, при появлении желаемой частоты на дисплее – нажмите кнопку «Enter». Измеритель перейдет в режим измерения «MEASUREMENT» с выбранной частотой измерения.

Выбор типа фильтра.

В измерителе предусмотрен выбор типа фильтров. Для каждой частоты можно выбрать один из двух возможных цифровых фильтров – четвертого или восьмого порядка. При выборе порядка фильтра следует учитывать, что при увеличении порядка фильтра уменьшается полоса пропускания и, соответственно, влияние помех, но при этом увеличивается время измерения.

Основанием для выбора типа фильтра является оценка уровня помех на выбранной частоте на участке проведения работ.

Процедура выбора типа фильтра следующая - выберите вначале пункт меню «SETTING». Нажмите кнопку «Enter» и выберите пункт меню «FILTER ORDER». Далее снова нажмите кнопку «Enter».

```
M E N U   S E L E C T :  
> S E T T I N G
```

```
S E T T I N G :  
> T Y P E   F I L T E R
```

```
T Y P E   F I L T E R :  
N O R M A L
```

Кнопкой « $\Leftrightarrow$ » выберите тип фильтра (NORMAL или FAST). Подтверждение выбора производится кнопкой «Enter». Выход из меню «SETTING» при нажатии кнопки «Cancel».

3.3 Работа с измерителем при использовании устройства памяти.

При выключении измерителя и при его новом включении сохраняются текущие номера профилей и пикетов и файла, т.е. выключение измерителя не приводит к необходимости возобновления текущих установок блока.

Режим записи информации.

Запись значения пикета, присвоенной ему специфической метки (от 1 до 9), его номера, номера профиля, номера файла, даты и времени записи в текущий профиль, осуществляется при нажатии клавиши «Enter», только в режиме измерения. Если заранее не был выбран новый пикет (файл, профиль), то по умолчанию пикеты записываются в каждый профиль последовательно. По умолчанию, первой записи пикета на профиле соответствует порядковый номер “1”.

Запись «пустого пикета» «NON STATION».

В некоторых случаях информация (измерение) "n" на текущем пикете может отсутствовать (например, пикет недоступен для проведения измерений). В то же время желательно сохранить в блоке памяти неизменный порядок номеров текущего и последующих *пикетов*. В этом случае рекомендуется использовать режим «NON STATION».

В режиме «MEASUREMENT» выберите, нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ », пункт меню «NON STATION»

M E A S U R E M E N T :
> N O N S T A T I O N

При выборе этого пункта меню, в текущий профиль, при каждом нажатии кнопки «Enter» записывается «пустой пикет».

F 9 9 L $\pm$ 9 9 S $\pm$ 9 2 3
f f f f H z N O N

Это означает замену записи цифрового значения "n" пикета на запись слова "NON" (порядковые номера пикетов в профиле при этом сохраняются).

При записи значения пикета появится надпись: «DATA STORED»,

F 9 9	L ± 9 9	S ± 9 2 3
D A T A S T O R E D		

Выход из режима записи «пустого пикета» («NON STATION») и переход в режим измерения осуществляется нажатием кнопки «Cancel».

Выбор новой точки записи («NEW STATION»).

Для задания новой точки записи (файла, номера профиля и пикета) выберите в меню режима «MEASUREMENT», пункт меню «NEW STATION»

M E A S U R E M E N T
> N E W S T A T I O N

и нажмите «Enter».

F 9 9 ±	L 9 8	S + 9 9 9
S E L E C T F I L E		

Установка номера файла:

Значения номеров файла могут быть от 1 до 99. Знак «+» или «-» будет мигать слева от значения «F». При этом, если индицируется знак «+» - то направление выбора – увеличение значений, если «-» - уменьшение. Смена знака осуществляется нажатием кнопки «M». Выбор нового значения номера файла «F» производится нажатием на кнопку «↔». Подтверждение выбора номера файла «F» - нажатием кнопки «Enter». После подтверждения установки номера файла, происходит переход к установке значения номера профиля «L».

Установка номера профиля:

Значения номеров профиля могут быть от –99 до +99. Процедура установки номера профиля аналогична процедуре установки номера файла, с той лишь разницей, что значения номеров профиля могут принимать отрицательные значения.

F 9 9	L 9 8 ±	S + 9 9 9
S E L E C T	L A I N	

Знак «+» или «–» будет мигать справа от значения «L». При этом если индицируется знак «+» - то направление выбора - увеличение значений, если «–» - уменьшение. Смена знака осуществляется нажатием кнопки «М». Установите новое значение «L» нажатием на кнопку «↔ ». Подтвердите выбор номера профиля «L» нажатием кнопки «Enter». После подтверждения установки номера профиля, происходит переход к установке значения номера пикета «S».

Установка номера пикета:

Значения номеров пикетов «S» могут быть от –999 до +999. Процедура установки номера пикета аналогична процедуре установки номера файла и профиля, с той лишь разницей, что после установки нового значения пикета общая процедура выбора новой точки записи заканчивается, и измеритель переходит в режим измерения с возможностью записи во вновь установленных (выбранных) файле, профиле, пикете.

F 9 9	L 9 8	S + 9 9 9 ±
S E L E C T	S T A T I O N	

Знак «+» или «–» будет мигать около значения «S». При этом, если индицируется знак «+» - то направление выбора – увеличение значений, если «–» - уменьшение. Смена знака осуществляется нажатием кнопки «М».

Выберите новое значение «S» нажатием на кнопку « $\Leftrightarrow$ ». Подтвердите выбор номера пикета «S» нажатием кнопки «Enter».

На этом процедура выбора новой точки записи заканчивается, и измеритель переходит в режим измерения.

Режим автоматической записи.

В главном меню выберите пункт «SETTING»

```
M E N U   S E L E C T
> S E T T I N G
```

Нажмите кнопку «Enter». Далее нажимая кнопку « $\Leftrightarrow$ » выберите пункт RECORDING MODE после чего снова необходимо нажать кнопку «Enter»:

```
S E T T I N G
> R E C O R D I N G   M O D E
```

```
R E C O R D I N G   M O D E
> M A N U A L L Y
```

Далее необходимо нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ » выбрать режим «Auto»

```
R E C O R D I N G   M O D E
> A U T O           t = 1 0
```

Подтвердите выбор нажатием кнопки «Enter» или отмените выбор, нажатием кнопки «Cancel».

При выборе режима «Auto», кнопкой « $\Leftrightarrow$ » можно выбрать период записи «t» ($t_{\min} < t < 1000$ сек). Минимальный период записи « $t_{\min}$ » предварительно установлен для каждой выбранной частоты. Установка значений «t» меньше $t_{\min}$, возможного для выбранной частоты -

заблокировано. Для выхода из режима автоматической записи нужно нажать кнопку «Cancel».

3.4 Режим просмотра данных. «Data review».

Пункт меню «Data review» (Режим просмотра данных) появляется в меню «MEASUREMENT» только тогда, когда был записан хотя бы один пикет. Вид меню «MEASUREMENT» (после записи хотя бы одного пикета), показан в таблице 2.

Выбор этого пункта меню подтверждается нажатием кнопки «Enter».

M E A S U R E M E N T :
> D A T A R E V I E W

После этого выбирается файл, профиль и пикет.

Таблица 2 - Вид меню «MEASUREMENT»

В режиме измерения переменного тока (1,22; 2,44; 4,88; 9,76; 19,52; 50; 100; 625; 1250; 2500 Гц)		В режиме измерения постоянного тока (DC)	
1.	«NON STATION»	1.	«NON STATION»
2.	«NEW STATION»	2.	«NEW STATION»
3.	«SELECT FREQUENCY»	3.	«SELECT FREQUENCY»
4.	«DATA REVIEW»	4.	«DC COMPENSATION»
		5.	«DATA REVIEW»

Выбор файла.

F 9 9 ± L 9 9 S ± 9 2 3 S E L E C T F I L E
--

Знак «+» или «-» будет мигать слева от значения «F». При этом, если индицируется знак «+» - то направление выбора – увеличение значений, если «-» - уменьшение. Смена знака осуществляется нажатием кнопки «M». Выбор нового значения номера файла «F» производится нажатием на кнопку «↔». Подтверждение выбора номера файла «F» - нажатием кнопки «Enter». После подтверждения выбора номера файла, происходит переход к установке значения номера профиля «L».

Выбор профиля.

F 9 9 L 9 8 ± S + 9 9 9 S E L E C T L A I N
--

Знак «+» или «-» будет мигать справа от значения «L». При этом, если индицируется знак «+» - то направление выбора - увеличение значений, если «-» - уменьшение. Смена знака осуществляется нажатием кнопки «M». Установите новое значение «L» нажатием на кнопку «↔». Подтвердите выбор номера профиля «L» нажатием кнопки «Enter».

После подтверждения установки номера профиля, происходит переход к установке значения номера пикета «S».

Выбор пикета.

F 9 9	L 9 8	S + 9 9 9 ±
S E L E C T	S T A T I O N	

Знак «+» или «-» будет мигать около значения «S». При этом, если индицируется знак «+» - то направление выбора – увеличение значений, если «-» - уменьшение. Смена знака осуществляется нажатием кнопки «M». Просмотр значений пикетов «S», осуществляется нажатием на кнопку «↔». При нажатии на кнопку «Enter» можно увидеть дату и время записи пикета. Для выхода из режима «DATA REVIEW», нужно нажать кнопку «Cancel».

Системой записи информации в память измерителя предусмотрена возможность использования *меток* для текущих профилей и пикетов. Необходимость в пометке пикетов возникает в связи с особыми условиями измерений. Помеченным пикетам соответствуют символы от 1 до 9, которые находятся в правом нижнем углу табло.

F 9 9	L ± 9 9	S ± 9 9 8
f f f f H z	1	D . D D m V

Метка

Метка для текущего пикета вводится путем нажатия клавиши «M». Пометить пикет возможно только перед записью значения пикета. При каждом нажатии кнопки «M» символ признака метки изменяется от 1 до 9. После девятого нажатия символ признака метки - снимается.

3.5 Меню «MEMORY».



M E N U S E L E C T
> M E M O R Y

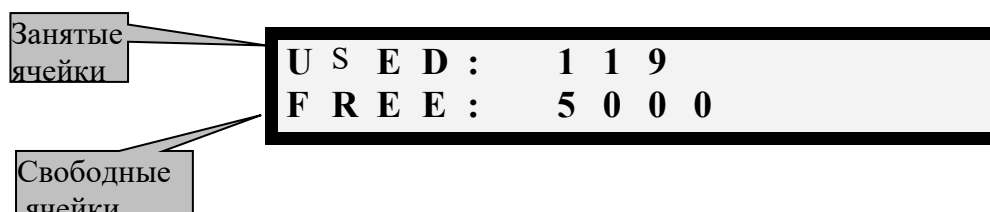
Меню «MEMORY» состоит из следующих подпунктов:

1. «CHECK SPACE»
2. «DATA ERASE»
3. «CHECK EPROM»

Переход между пунктами меню осуществляется нажатием кнопки « $\Leftrightarrow$ ».

Меню «CHECK SPACE» проверка свободного пространства памяти.

Выбор этого пункта меню осуществляется нажатием кнопки «Enter». При этом на дисплее будет указано число свободных и занятых ячеек памяти (одна ячейка – один отсчет).



Занятые
ячейки

Свободные
ячейки

U S E D : 1 1 9
F R E E : 5 0 0 0

Отмена (отказ) от выбора данного пункта меню производится нажатием кнопки «Cancel».

Меню «DATA ERASE» («Стирание данных»)

В этом пункте меню производится стирание данных из памяти.



M E M O R Y
> D A T A E R A S E

Выбор этого пункта меню осуществляется нажатием кнопки «Enter».

D A T A E R A S E
S H U R E ?

Нажатие «Enter» - подтверждение стирания.

D A T A E R A S E
O K ?

Повторное нажатие «Enter» - завершает процедуру стирания «Cancel» - отказ от выбора данного пункта меню. Многократная процедура подтверждения выполнения стирания данных предназначена для дополнительной их защиты от случайного стирания.

Проверка EPROM - «CHECK EPROM»

M E M O R Y
> C H E C K E P R O M

При нажатии кнопки «Enter» производится проверка EPROM измерителя.

M E M O R Y
> C H E C K E P R O M

Если EPROM не имеет сбоев, то появляется следующее сообщение:

M E M O R Y
> E P R O M G O O D !

Если EPROM имеет сбой, то появится сообщение EPROM BAD.

3.6 Вывод данных из памяти измерителя в компьютер

Вывод значений записанных в памяти измерителя в компьютер, производится с помощью интерфейсной программы "eram-pc.com". Подготовка к работе с программой "eram-pc.com" производится в следующей последовательности.

- включите компьютер в режим эмуляции "DOS";
- определите номер Com-порта компьютера, к которому следует подключить интерфейс "RS-232C" устройства;
- вызвав командный файл "autoexec.bat", проверьте, свободен ли выбранный Вами порт ?;
- если порт занят, отключите системное управление портом, набрав в начале соответствующей командной строки файла "autoexec.bat" комментарий "REM";
- если ранее к выбранному Вами порту была подключена "мышь", проверьте надежность отключения "мыши" (вновь подключите к выбранному порту "мышь" и убедитесь в её неработоспособности);
- выключите компьютер. С помощью соединительного кабеля «ERA_PC) подключите выбранный Вами COM-порт к блочному разъему измерителя и вновь включите компьютер;
- включите измеритель "ERA-MAX".

Порядок работы с программой "eram-pc.com" при вводе данных памяти в компьютер:

- запустите на выполнение программу "eram-pc.com";
- переключение между "окнами" программы осуществляйте клавишей "Tab", подтверждение выбора - клавишей "Пробел"; выбор пунктов меню внутри окна клавишами "↓" и "↑";
- выберите клавишей "Таб." окно «SETTINGS» ("Настройки") , а затем в нем окно «PORT» ("Порт");

- клавишами “↓” и “↑” установите курсор на выбранный Вами Com-порт, подтвердив свой выбор нажатием клавиши “Пробел”;

- выберите в окне «SETTING» окно «Baud rate» (“Скорость передачи данных”) и нажатием клавиши “Пробел” подтвердите скорость передачи данных 115200 baud;

- нажав клавишу “Таб”, перейдите в окно «MENU» ("Меню"). Выберите окно «To establish connection» (“Установить соединение”). В окне «Protocol of connection» (“Протокол соединения”) должна появиться надпись «Connection is established» “Соединение установлено” и после слова «Receive» - имя созданного файла, которое составлено из даты создания файла: число-месяц-часы-минуты и имеет расширение «.dat». По окончании вывода в этой строке появляется сообщение «OK»

В окне «Status of the device» индицируется: номер прибора: «ID device»; версия программы: «ID PROGRAM»; число выведенных из памяти значений: «Results of measurement»; имя файла: «Filename»

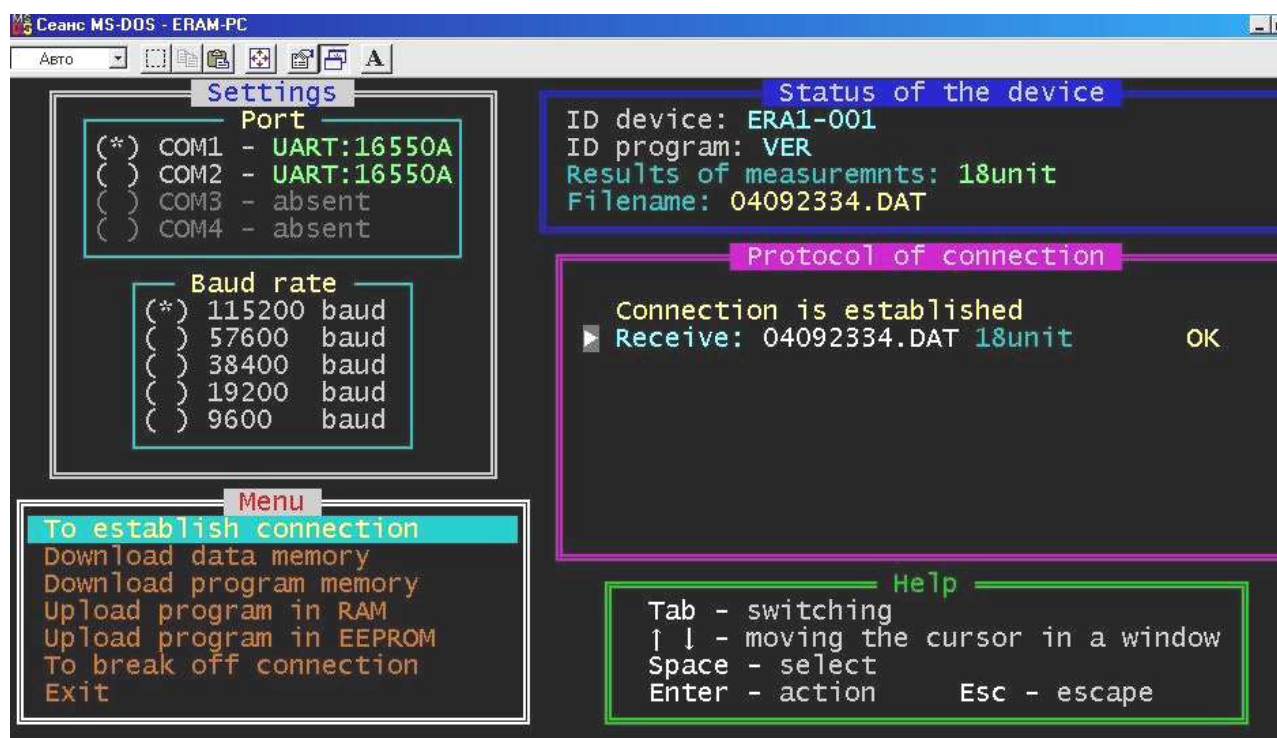


Рисунок 1 – Внешний вид окна программы программу "eram-pc.com"

На табло измерителя появится следующее сообщение:

H O S T I B M - P C
C o n n e c t - 1 1 5 2 0 0

- Разорвите соединение, выбрав пункт меню «To break off connection», а затем выйдите из программы "eram-pc.com", выбрав пункт меню «Exit». Созданный файл, имя которого составлено из даты его создания находится в той же директории что и программа "eram-pc.com".

- Выключите измеритель и компьютер, а затем отключите соединительный кабель от измерителя и компьютера;

- включите компьютер и восстановите прежнее содержание файла "autoexec.bat";

- при необходимости вновь подключите к компьютеру “мышь”, предварительно выключив компьютер.

4 ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Аппаратура. Для выполнения лабораторной работы необходима электроразведочная станция «ERA-MAX» в комплекте генератор и измеритель, а также персональный компьютер со следующими характеристиками: процессор Pentium/Celeron с тактовой частотой 1000 МГц и выше, оперативная память 512 Мбайт и более, свободное дисковое пространство – не менее 100 Мбайт, монитор типа Super VGA.

Программное обеспечение. Для выполнения лабораторной работы необходима операционная система Windows 2000/XP и дополнительное программное обеспечение станции электроразведочной «ERA-MAX».

5 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторной работы **запрещается:**

- самостоятельно производить ремонт персонального компьютера, а также установку и удаление имеющегося программного обеспечения;
- нарушать общепринятые правила техники безопасности при работе с электрооборудованием, в частности, касаться электрических розеток металлическими предметами и т. д.;
- принимать пищу, напитки и сорить на рабочем месте пользователя персонального компьютера.

В случае неисправности персонального компьютера необходимо **немедленно** сообщить об этом обслуживающему персоналу лаборатории (системному администратору).

6 ЗАДАНИЯ

6.1 Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в разделе 2 настоящих методических указаний.

6.2 Произвести знакомство с возможностями генератора «ERA-MAX» и методами его использования.

6.3. Произвести знакомство с возможностями измерителя «ERA-MAX» и методами его использования.

6.4 Для закрепления полученных знаний произвести запись числовой последовательности данных в измеритель с использованием меток, а затем произвести передачу полученных данных в ПЭВМ для последующей обработки.

7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде текстового документа и должен содержать:

- 1 Название лабораторной работы.
- 2 Цель лабораторной работы.
- 3 Формулировку задания и результат его выполнения.
- 4 Краткие выводы по результатам выполнения лабораторной работы. В выводах необходимо отразить, каких результатов удалось достичь при выполнении лабораторной работы.

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.1 Состав оборудования, входящего в состав электроразведочной станции «ERA-MAX».

8.2 Каким образом осуществляется выбор типа входного фильтра в измерителе электроразведочной станции «ERA-MAX»?

8.3 Каким образом устанавливается дата и время проведения измерений в измерителе электроразведочной станции «ERA-MAX»?

8.4 Каким образом осуществляется запись отсчетов в измерителе электроразведочной станции «ERA-MAX»?

8.5 Каким образом осуществляется работа с измерителем при использовании устройства памяти?

8.6 Каким образом осуществляется установка меток пикетов в измерителе электроразведочной станции «ERA-MAX»?

8.7 Режим просмотра данных «Data review» и его использование в измерителе «ERA-MAX»

8.8 Как осуществляется запись «пустого пикета» «NON STATION» в измерителе «ERA-MAX»?

8.9 Каким образом можно включить и использовать режим

автоматической записи в измерителе «ERA-MAX»?

8.10 Каким образом используется режим «MEMORY» при производстве измерений на аппаратуре «ERA-MAX»?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ РЕКОМЕНДУЕМЫЙ К
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ: [1 – 3, 6 – 7]**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Прямые и обратные задачи электроразведки

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с типами измерительных установок для проведения электроразведочных работ. Приобретение практических навыков проведения измерений на электроразведочной аппаратуре ERA – MAX.

2 ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ИЛИ ИХ ЧАСТИ

Лабораторная работа формирует у учащихся следующие компетенции: общекультурные (ОК-2), профессиональные (ПК-2; ПК-8; ПК-10; ПК-12; ПК-25; ПК-30).

3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Схема измерений в методах электрических зондирований

Электрическое поле при электрических зондированиях на постоянном токе обычно создают системой точечных или дипольных источников, располагаемых различными способами на дневной поверхности. Электрический потенциал или поле этих источников измеряют в одной или нескольких точках на поверхности земли с помощью измерительных электродов, которые с целью упрощения теории также можно считать точечными.

В простейшей схеме измерений используется четырехточечная установка $AMNB$ с двумя питающими A и B и двумя измерительными M и N электродами (рис. 1). На практике обычно к питающим электродам A и B подключают какой-либо источник постоянного тока так, что через электрод

A в землю втекает ток силой I , а через электрод B вытекает (т. е. сила тока равна $-I$). При этом производят измерения разности потенциалов ΔU_{MN} между измерительными электродами M и N .

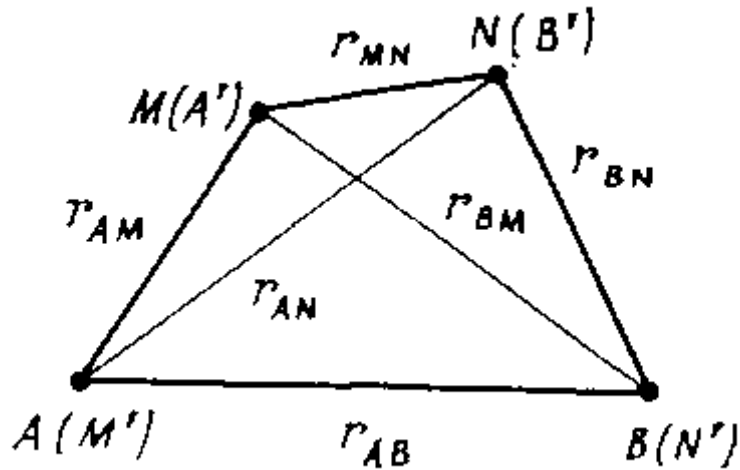


Рисунок 1 – Четырехточечная установка $AMNB$

Очевидно, что величина измеряемой разности потенциалов в соответствии с законом Ома пропорциональна силе тока I в источнике и является функцией от распределения геоэлектрических параметров разреза. Например, в простейшем случае однородного полупространства с удельным электрическим сопротивлением ρ потенциал точки M определяется как сумма потенциалов двух точечных источников A и B в соответствии с формулой (7.4) [6]:

$$U_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right).$$

Аналогично для потенциала точки N

$$U_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right).$$

где расстояния r_{AM} , r_{BM} , r_{AN} , r_{BN} показаны на рис. 20.

Следовательно,

$$\Delta U_{MN} = U_M - U_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} + \frac{1}{r_{BN}} - \frac{1}{r_{AN}} \right), \quad (1)$$

т. е. в данной модели ΔU_{MN} пропорционально ρ .

Заметим, что, если расстояние между измерительными электродами r_{MN} достаточно мало, отношение $\Delta U_{MN}/r_{MN}$ стремится к величине E_{MN} (проекция электрического поля на линию MN) в точках измерения. Такие измерительные установки называются предельными. Они позволяют измерять непосредственно электрическое поле $\vec{E}$ на поверхности земли. В частности, для четырехточечной установки, расположенной на поверхности однородного полупространства, поле $\vec{E}$, так же как и разность потенциалов, пропорционально силе тока в источнике и удельному электрическому сопротивлению ρ :

$$E_{MN} \approx \frac{\Delta U_{MN}}{r_{MN}} = \frac{I\rho}{2\pi r_{MN}} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} + \frac{1}{r_{BN}} - \frac{1}{r_{AN}} \right), \quad (2)$$

На практике применяют следующие разновидности четырехточечных установок (рис. 2).

1. Прямолинейная четырехточечная установка. В этой установке все электроды располагаются по одной линии (рис. 2, а). При этом обычно измерительные электроды размещают в пределах средней трети отрезка AB , поскольку в этом случае установка близка к предельной.

2. Симметричная четырехточечная установка (установка Шлюмберже). Наиболее распространенным видом прямолинейных установок является симметричная установка Шлюмберже, в которой питающие электроды A и B и измерительные M и N расположены симметрично относительно некоторого центра O (рис. 2, б). При этом, как правило, выбирают $r_{MN} \leq r_{AB}/3$ для того, чтобы установка по своим свойствам была бы близка к предельной.

Для симметричной установки (см. рис. 2, б) $r_{AM} = r_{BN}$ и $r_{AN} = r_{BM}$, следовательно, формулы (1) и (2) записываются следующим образом:

$$\Delta U_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{r_{MN}}{r_{AM}r_{AN}} \quad (3)$$

$$E_{MN} \approx \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r_{AM}r_{AN}} \quad (4)$$

В случае точных предельных установок (при $r_{MN} \rightarrow 0$) выражение (4) переходит в формулу

$$E_{MN} = I\rho / \pi r^2 \quad (5)$$

где $r = r_{AO}$ – половина расстояния между питающими электродами.

3. Ортогональная установка. Состоит из питающей линии **AB** и вынесенной от нее в сторону по нормали к ней измерительной линии **MN** (рис. 2, в).

4. Дивергентная установка. Простейший вид дивергентной установки показан на рис. 2, г. От симметричной установки она отличается тем, что в нее добавлен еще один измерительный электрод **O** в центре установки. Это позволяет измерять не только разность потенциалов ΔU_{MN} , но и разности потенциалов и. Очевидно, что при этом разность $\Delta U_{OM} - \Delta U_{ON}$, отнесенная к расстоянию r_{MN} , пропорциональна второй производной потенциала в середине установки. Если к измерительным электродам **MON** добавить пару **M'N'** электродов, расположенных по линии, проходящей через точку **O** ортогонально к линии **MN**, мы получаем дивергентную установку для измерения двух вторых производных потенциала по ортогональным направлениям. Из теории известно, что сумма этих вторых производных равна (со знаком минус) дивергенции горизонтальной составляющей вектора электрического поля $\vec{E}_\tau$:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = -\frac{\partial E_x}{\partial x} - \frac{\partial E_y}{\partial y} = -\text{div} \vec{E}_\tau.$$

Именно поэтому данная установка получила название дивергентной.

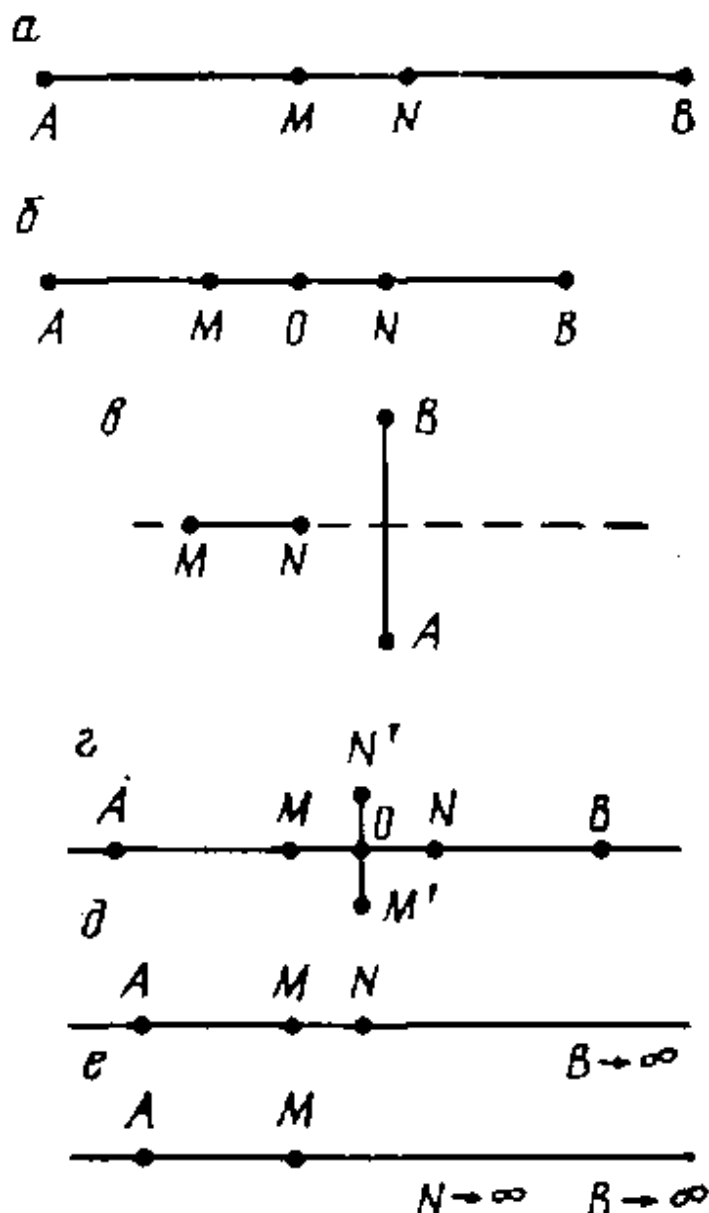


Рисунок 2 – Измерительные установки, применяющиеся в методах электрических зондирований: а) прямолинейная четырехточечная, б) симметричная, в) ортогональная, г) дивергентная, д) трехточечная, е) двухточечная (потенциальная).

5. Трехточечная установка. Если в прямолинейной четырехточечной установке электрод B отнести на бесконечность ($B \rightarrow \infty$), получающаяся схема измерений носит название трехточечной установки (рис. 2, д). Такая установка возникает на практике, если электрод B удален настолько далеко от точек измерения, что создаваемое им электрическое поле пренебрежимо мало по сравнению с полем электрода A . На поверхности однородного полупространства разность потенциалов, измеряемая трехточечной

установкой,, определяется формулой, получаемой из (1) при $r_{BM} \rightarrow \infty$ и $r_{BN} \rightarrow \infty$:

$$\Delta U_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{r_{MN}}{r_{AM}r_{AN}} \quad (6)$$

Предельная трехточечная установка называется установкой Гуммеля. Для нее формула (2) записывается как

$$E_{MN} = I\rho/2\pi r^2 \quad (7)$$

где r - расстояние от точки A до точки измерения поля O .

6. Двухточечная (потенциальная) установка. Получается из трехточечной, если измерительный электрод N также отнести в бесконечность (на практике это означает, что электрод N располагают столь далеко от источника тока A , чтобы потенциал точки N был бы близок к нулю). Следовательно, двухточечная установка позволяет измерять непосредственно потенциал точки M (этим и определяется ее название). В частности, на поверхности однородной земли

$$U_M = I\rho/2\pi r \quad (8)$$

где $r = r_{AM}$.

7. Дипольные установки. Эти установки были предложены М. Альпиным. Они получаются из четырехточечных, если питающие AB и измерительные MN электроды сближены настолько, что длины отрезков r_{AB} и r_{MN} много меньше, чем расстояние между центрами этих отрезков (рис. 3).

Различают следующие типы дипольных установок в зависимости от угла φ между осью питающего диполя AB и радиусом-вектором $\vec{r}$, соединяющим центры диполей, а также от угла β между осью измерительного диполя MN и r (см. рис. 3): а) азимутальная ($\beta = \pi/2$); б) радиальная ($\beta = 0$); в) параллельная ($\beta = \varphi$); г) осевая ($\varphi = 0, \beta = 0$); д) экваториальная ($\varphi = \pi/2$).

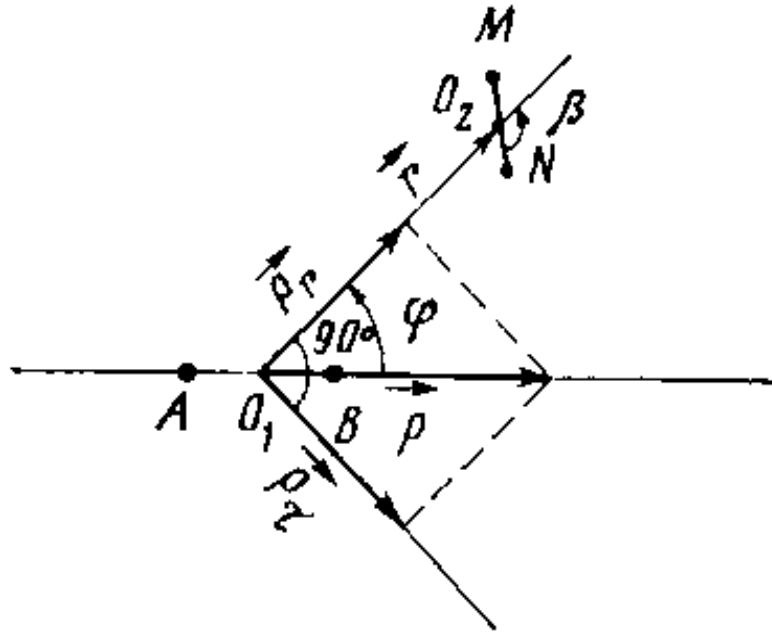


Рисунок 3 - Дипольная установка

Очевидно, что в случае дипольной установки с помощью измерительного диполя MN определяется проекция электрического поля на ось приемного диполя:

$$E_{MN} \approx \Delta U_{MN} / r_{MN} \quad (9)$$

Для предельных установок приближенное равенство (9) переходит в точное.

Электрическое поле, так же как и электрический потенциал, является функцией момента $\vec{p} = \vec{I}r_{AB}$ электрического диполя AB и геоэлектрических параметров разреза. Например, в случае однородного полупространства в соответствии с формулой (7.19) [6]:

$$\vec{E} = \frac{3\rho}{2\pi r^3} \frac{\vec{r}}{r} \left(\frac{\vec{r}}{r} \cdot \vec{p} \right) - \frac{\rho}{2\pi r^3} \vec{p}. \quad (10)$$

Момент диполя $\vec{p}$ можно разложить на две ортогональные составляющие:

$$\vec{p} = \vec{p}_r + \vec{p}_\tau \quad (11)$$

где $\vec{p}_r$ - проекция $\vec{p}$ на радиус-вектор $\vec{r}$, а $\vec{p}_\tau$ - ортогональная ей компонента. С учетом последних формул выражение (10) переписывается так:

$$\vec{E} = \frac{3\rho}{2\pi r^3} p_r - \frac{\rho}{2\pi r^3} (\vec{p}_\tau + p_r) = \frac{\rho}{\pi r^3} \vec{p}_r - \frac{\rho}{2\pi r^3} \vec{p}_\tau \quad (12)$$

Интересно заметить, что в случае дипольно-осевой установки $\varphi = 0, \vec{p}_r = 0, \vec{p} = \vec{p}_r$ и формула (12) записывается

$$\vec{E}_{\vec{A}-0} = (\rho / \pi r^3) \vec{p} \quad (13)$$

Откуда

$$E_{MN} = I \rho r_{AB} / \pi r^3 \quad (14)$$

и в соответствии с (9)

$$\Delta U_{MN} = I \rho r_{AB} r_{MN} / \pi r^3 \quad (15)$$

Для дипольно-экваториальной установки $\varphi = \pi/2, \vec{p}_r = 0, \vec{p}_r = \vec{p}_\tau$ и

$$\vec{E}_{\vec{A}-\vec{Y}} = -(\rho / 2\pi r^3) \vec{p} \quad (16)$$

В частности, при измерениях с параллельной экваториальной установкой

$$E_{MN} = I \rho r_{AB} / 2\pi r^3 \quad (17)$$

отсюда

$$\Delta U_{MN} = I \rho r_{AB} r_{MN} / 2\pi r^3 \quad (18)$$

Для азимутальной установки (см. рис. 3)

$$E_{MN} = \frac{\rho}{2\pi r^3} \rho_\tau = \frac{I \rho r_{AB} \cdot \sin \varphi}{2\pi r^3} \quad (19)$$

и

$$\Delta U_{MN} = I \rho r_{AB} r_{MN} \sin \varphi / 2\pi r^3 \quad (20)$$

Наконец, для радиальной установки

$$E_{MN} = \frac{\rho}{\pi r^3} \rho_r = \frac{I \rho r_{AB} \cdot \cos \varphi}{\pi r^3} \quad (21)$$

и

$$\Delta U_{MN} = I \rho r_{AB} r_{MN} \cos \varphi / \pi r^3 \quad (22)$$

3.2 Понятие кажущегося удельного электрического сопротивления

Главной задачей электроразведки является нахождение распределения удельных электрических сопротивлений в земле по измерениям электрического поля на поверхности земли, т. е. решение обратной задачи. В общем случае для этого необходимо привлекать достаточно сложные математические приемы и методы интерпретации. Однако в простейшей ситуации однородного геоэлектрического разреза существует чрезвычайно простая связь между электрическим потенциалом, электрическим полем заданных источников постоянного тока I и удельным электрическим сопротивлением ρ однородного полупространства. С помощью этой связи можно непосредственно вычислять ρ по измеренным полям. Например, для произвольной четырехточечной установки в соответствии с формулой (1) находим:

$$\rho = \frac{2\pi}{(1/r_{AM} - 1/r_{BM} + 1/r_{BN} - 1/r_{AN})} \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad (23)$$

Если ввести обозначение

$$K = 2\pi(1/r_{AM} - 1/r_{BM} + 1/r_{BN} - 1/r_{AN})^{-1} \quad (24)$$

то (23) переписывается к следующему виду:

$$\rho = K\Delta U_{MN}/I \quad (25)$$

Формула (25) позволяет по известной силе тока I в питающей цепи и разности потенциалов ΔU_{MN} между измерительными электродами, расположенными на поверхности однородной среды, определить удельное электрическое сопротивление этой среды.

Однако реальный разрез земли далеко не однороден. Поэтому при подстановке в формулу (25) результатов реальных измерений мы получаем не истинное удельное сопротивление какого-либо слоя земли, а некоторую фиктивную, кажущуюся величину, обозначаемую ρ_k и называемую кажущимся удельным электрическим сопротивлением:

$$\rho_e = K\Delta U_{MN}/I \quad (26)$$

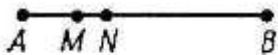
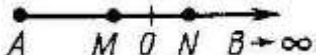
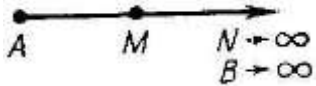
Кажущееся удельное электрическое сопротивление заведомо отличается от истинного сопротивления слоев земли и носит фиктивный характер. Тем не менее, определять этот параметр чрезвычайно полезно, поскольку он позволяет после соответствующего анализа судить об истинном сопротивлении земли. Кроме того, как видно из (26), при вычислении p_k мы как бы осуществляем нормировку измеренного сигнала ΔU_{MN} на силу тока в питающей цепи I и тем самым приводим результаты наших измерений к некоторой стандартной форме, отвечающей току единичной силы.

По аналогии с (26) можно записать выражения для кажущихся удельных электрических сопротивлений для различных, типов измерительных установок, применяемых в электроразведке (табл. 1).

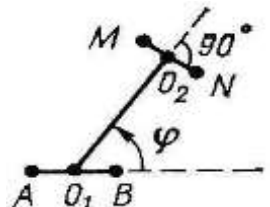
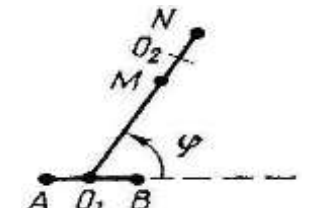
4 ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Аппаратура. Для выполнения лабораторной работы необходима электроразведочная станция «ERA-MAX» в комплекте генератор и измеритель, а также персональный компьютер со следующими характеристиками: процессор Pentium/Celeron с тактовой частотой 1000 МГц

Таблица 1 – Выражения для кажущихся удельных электрических сопротивлений различных, типов измерительных установок, применяемых в электроразведке

Тип измерительной установки	Схема измерений	Формула для определения ρ_k	Геометрический коэффициент установки K
Прямолинейная четырех-точечная		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad (1)$	$K = \frac{2\pi}{(1/r_{AM} - 1/r_{BM} + 1/r_{BN} - 1/r_{AN})} \quad (1a)$
Симметричная (Шлюмберже)		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad (2)$	$K = \pi r_{AM} r_{AN} / r_{MN} \quad (2a)$
Предельная симметричная		$\rho_K = K \frac{E_{MN}}{I} \quad (3)$	$K = \pi r^2, \quad r = r_{AO} \quad (3a)$
Трехточечная		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad (4)$	$K = 2\pi r_{AM} r_{AN} / r_{MN} \quad (4a)$
Предельная трехточечная (Гуммеля)		$\rho_K = K \frac{E_{MN}}{I} \quad (5)$	$K = 2\pi r^2, \quad r = r_{AO} \quad (5a)$
Двухточечная (потенциальная)		$\rho_K = K \frac{U_M}{I} \quad (6)$	$K = 2\pi r, \quad r = r_{AM} \quad (6a)$

Продолжение таблицы 1

Тип измерительной установки	Схема измерений	Формула для определения ρ_K	Геометрический коэффициент установки K
Азимутальная		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$ (7)	$K = 2\pi r^3 / r_{AB} r_{MN} \sin \varphi$ (7a)
Предельная азимутальная		$\rho_K = K \frac{E_{MN}}{I}$ (8)	$K = 2\pi r^3 / r_{AB} \sin \varphi, \quad r = r_{O_1 O_2}$ (8a)
Параллельная дипольно-экваториальная		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$ (9)	$K = 2\pi r^3 / r_{AB} r_{MN}$ (9a)
Предельная параллельная дипольно-экваториальная		$\rho_K = K \frac{E_{MN}}{I}$ (10)	$K = 2\pi r^3 / r_{AB}, \quad r = r_{O_1 O_2}$ (10a)
Дипольно-радиальная		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$ (11)	$K = \pi r^3 / r_{AB} r_{MN} \cos \varphi$ (11a)
Предельная дипольно-радиальная		$\rho_K = K \frac{E_{MN}}{I}$ (12)	$K = \pi r^3 / r_{AB} \cos \varphi, \quad r = r_{O_1 O_2}$ (12a)
Дипольно-осевая		$\rho_K = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$ (13)	$K = \pi r^3 / r_{AB} r_{MN}$ (13a)
Предельная дипольно-осевая		$\rho_K = K \frac{E_{MN}}{I}$ (14)	$K = \pi r^3 / r_{AB}, \quad r = r_{O_1 O_2}$ (14a)

и выше, оперативная память 512 Мбайт и более, свободное дисковое пространство – не менее 100 Мбайт, монитор типа Super VGA.

Программное обеспечение. Для выполнения лабораторной работы необходима операционная система Windows 2000/XP и дополнительное программное обеспечение станции электроразведочной «ERA-MAX».

Для моделирования геологической среды в работе используется прозрачный пластмассовый бак размерами 520х360х160 мм (Рис. 4).

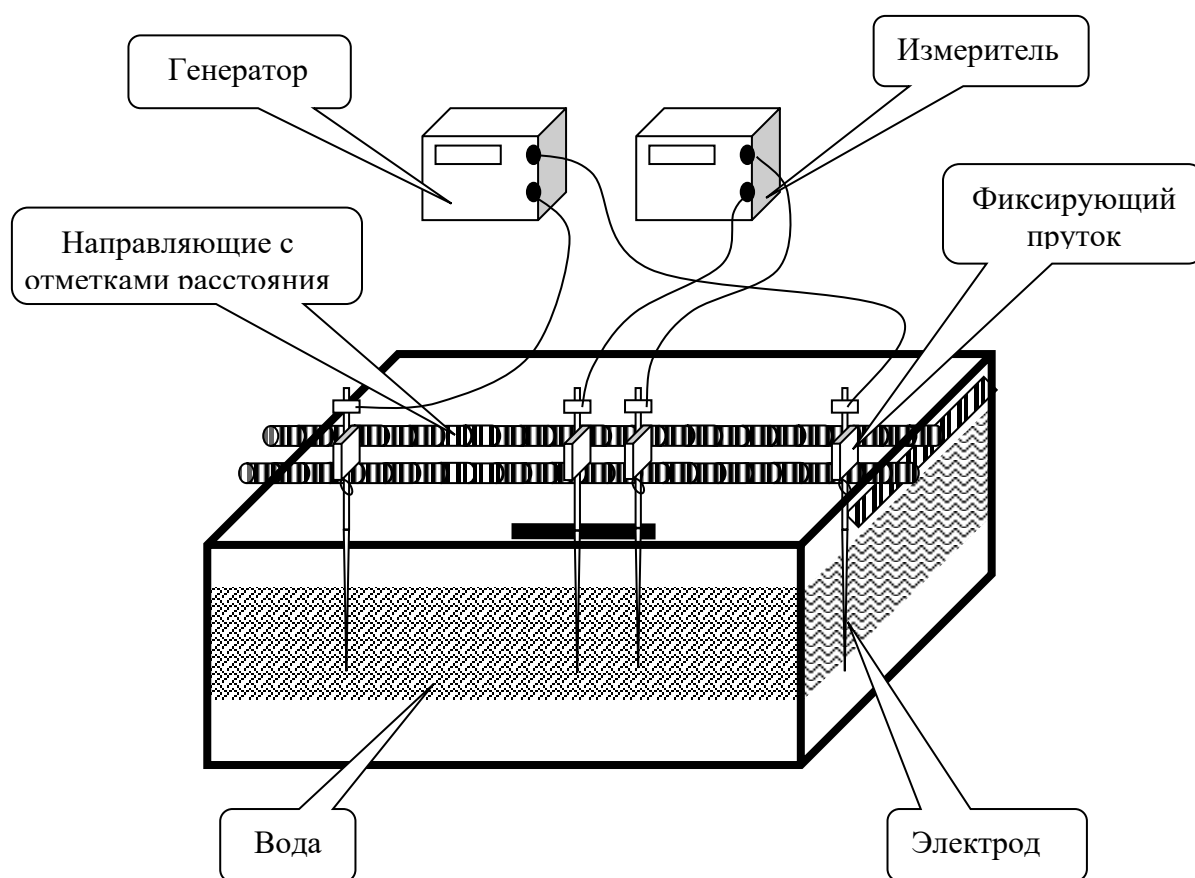


Рисунок 4 - Модельная установка

Бак может заполняться реальной геологической породой (песок, суглинок и т.п.), однако для практических работ наиболее удобно в качестве модели среды использовать воду. Удельное сопротивление воды меняется в

широких пределах в зависимости от содержания в ней солей. Дистиллированная вода, например, обладает очень высоким значением ρ – до 10^8 Ом·м, но даже незначительная концентрация соли резко снижает ее удельное сопротивление. Обычная водопроводная вода имеет удельное сопротивление в пределах 40 -70 Ом·м, морская вода – примерно 0,1-1 Ом·м, насыщенный раствор поваренной соли при комнатной температуре – примерно 0,05 Ом·м. Электроды установки размещаются на направляющих и могут перемещаться по прямой линии над поверхностью бака. На направляющих также нанесены метки с шагом 1 см. Для четкой фиксации электродов на малых расстояниях может использоваться специальный крепеж.

5 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторной работы **запрещается:**

- самостоятельно производить ремонт оборудования станции «ERA-MAX» и персонального компьютера, а также установку и удаление имеющегося программного обеспечения;
- нарушать общепринятые правила техники безопасности при работе с электрооборудованием, в частности, касаться открытых частей электродов, электрических розеток металлическими предметами и т. д.;
- принимать пищу, напитки и сорить на рабочем месте пользователя персонального компьютера.

В случае неисправности оборудования электроразведочной станции «ERA-MAX» или персонального компьютера необходимо **немедленно** сообщить об этом обслуживающему персоналу лаборатории (системному администратору).

6 ЗАДАНИЯ

6.1 Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в разделе 2 настоящих методических указаний.

6.2. Собрать прямолинейную четырехточечную установку, подать на электроды AB зондирующий ток, измерить величину потенциала на электродах MN и по измеренному параметру рассчитать величину кажущегося электрического сопротивления ρ_k . Значение параметра установки K рассчитать на основе формул, приведенных в таблице 1. Полученные значения K и ρ_k занести в таблицу 2.

6.3. Аналогичным образом получить и занести в таблицу данные для следующих установок: симметричной Шлюмберже, трехточечной, двухточечной (потенциальной), дипольной азимутальной, параллельной дипольной-экваториальной, дипольно-радиальной и дипольно-осевой.

6.4. Произвести сопоставление данных, полученных для разных типов установок, используемых в электроразведке.

7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде текстового документа и должен содержать:

- 1 Название лабораторной работы.
- 2 Цель лабораторной работы.
- 3 Формулировку задания и результат его выполнения.

4 Краткие выводы по результатам выполнения лабораторной работы. В выводах необходимо отразить, каких результатов удалось достичь при выполнении лабораторной работы.

Таблица 2 – Результаты выполнения лабораторной работы

№ п/п	Вид измерительной установки	Геометрические размеры установки, см	Рассчитанное значение коэффициента установки K	Величина зондирующего тока, мА	Величина измеренного напряжения, мВ
1	Прямолинейная четырехточечная				
2	Симметричная (Шлюмберже)				
3	Предельная симметричная				
4	Трехточечная				
5	Предельная трехточечная (Гуммеля)				
6	Двухточечная (потенциальная)				
7	Азимутальная				
8	Параллельная дипольно-экваториальная				
9	Дипольно-радиальная				
10	Дипольно-осевая				

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.1 Виды измерительных установок, применяемых в методах электрических зондирований.

8.2 Понятие кажущегося электрического сопротивления и каким образом производится измерение его величины.

8.3 Прямолинейная четырехточечная установка, особенности конструкции и применения.

8.4 Симметричная установка Шлюмберже, особенности конструкции и применения.

8.5 Трехточечная установка, особенности конструкции и применения.

8.6 Двухточечная (потенциальная) установка, особенности конструкции и применения.

8.7 Азимутальная установка, особенности конструкции и применения.

8.8 Параллельная дипольно-экваториальная установка, особенности конструкции и применения.

8.9 Дипольно-радиальная установка, особенности конструкции и применения.

8.10 Дипольно-осевая установка, особенности конструкции и применения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ РЕКОМЕНДУЕМЫЙ К
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ: [2 – 4, 5 – 7]**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Интерпретация результатов электроразведки

Цель работы: Построение геоэлектрического разреза по данным вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Оборудование и материалы: работа выполняется вручную (для численных расчетов используется инженерный калькулятор) либо на компьютере (системные требования – Windows 2000, XP, Microsoft Office 10).

При ВЭЗ используется симметричная четырехэлектродная установка AMNB. Сущность метода в том, что при неизменном положении центра установки и постоянных разносах приемной линии MN последовательно увеличивается разнос питающей линии АВ. Поэтому при ВЭЗ исследуется изменение удельного электрического сопротивления горных пород с глубиной.

Метод ВЭЗ используется в основном при исследовании горизонтально слоистых разрезов, сложенных различными по электрическому сопротивлению породами. К числу геологических задач, решаемых методом ВЭЗ, относятся:

- глубинные структурные исследования участков платформ, в частности поиски и разведка нефтяных и газовых структур;
- картирование рельефа кристаллических фундаментов платформенных областей;
- поиски и разведка погребенных речных долин, в том числе палеодолин; гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания и т.п.

Моделирование метода ВЭЗ выполняется на электропроводной бумаге, т.е. плоском двумерном пространстве.

Объектом исследования является трехслойный разрез с плоскопараллельными границами раздела, имитируемый склеенными между собой полосками бумаги различной электропроводности. Параметры разреза:

h_1	h_2	$h_3=\infty$
ρ_1	ρ_2	ρ_3

Целью лабораторной работы является выполнение вертикального зондирования над указанным разрезом и получение зависимости $\rho_k = f(AB/2)$, т.е. кривой ВЭЗ. При измерениях используется лабораторная установка ВЭЗ со стандартными разносами линии АВ и MN и аппаратура МЭРИ-24 с генератором АСТРА-100 или Измеритель и генератор ERA-MAX.

Результаты измерений заносятся в журнал следующей формы:

AB(см)	MN(см)	K	ΔU	I	ρ_k (Ом*см)
3	1.2	0.0098			
4.2	1.2	0.0134			
6.0	1.2	0.0194			
8.0	1.2	0.0261			
8.0	3	0.00963			
10	1.2	0.0328			
10	3	0.0124			
13	3	0.0163			
18	3	0.0228			
30	3	0.0379			
50	3	0.0632			

Величины ρ_k подсчитываются по формуле: $\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}$, где K – коэффициент установки:

$$K = \frac{\pi h}{\ln \left(\frac{AN}{AM} \right)}$$

h – толщина электропроводной бумаги, АВ и MN – величины разносов питающей и приемных линий.

По вычисленным значениям ρ_k строится кривая ВЭЗ на стандартном билогарифмическом бланке. По характеру кривой необходимо сделать выводы о количестве слоев в разрезе и соотношении удельных сопротивлений слоев.

Для выполнения работы студенты разбиваются на бригаду, состоящую из оператора, вычислителя и рабочих на профиле. По выполнении 5-6 замеров студенты меняются местами. Для оценки качества измерений проводятся контрольные замеры ρ_k в объеме 5-10% от общего числа измерений и рассчитывается средняя относительная погрешность.

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать технику безопасности при эксплуатации электроустановок. Перед каждым включением генератора необходимо оповестить об этом. Запрещается прикасаться без защитных резиновых перчаток к проводам и электродам питающей линии "АВ", находящимся под напряжением. Во время перерывов в работе и после окончания работ генератор следует немедленно отключать от питающей линии АВ.

Порядок выполнения работы:

- а) собрать схему
- б) провести измерения согласно разносам, указанным в таблице
- в) построить кривую ВЭЗ, определить тип кривой

Контрольные вопросы

1. Что в электроразведке называют установкой?
2. По какой формуле рассчитывается коэффициент установки для симметричной установки?
3. Какие геологические задачи решаются методом вертикальных электрических зондирований?
4. За счет чего меняются глубина исследования в методе ВЭЗ?
5. Что такое кривая ВЭЗ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Интерпретация результатов электроразведки

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с возможностями программы интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win. Приобретение практических навыков работы с программой.

2 ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ИЛИ ИХ ЧАСТИ

Лабораторная работа формирует у учащихся следующие компетенции: общекультурные (ОК-2), профессиональные (ПК-2; ПК-8; ПК-10; ПК-12; ПК-25; ПК-30).

3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Интерпретация кривых ВЭЗ.

Общие положения

В основу программы IPI2Win положена концепция профильной интерпретации. Это означает, что совокупность данных по профилю рассматриваются, как отражение строения геологического разреза по профилю в целом, а не как набор независимых кривых зондирования, с которыми работают по отдельности. Эта концепция воплощается применением в основном интерактивной, а не автоматической, интерпретации.

Программа IPI2Win может решать одномерные прямую и обратную задачи ВЭЗ для часто применяемых установок на разрезах с контрастом

сопротивлений, изменяющимся в широких пределах (от 0.0001 до 10000 для двухслойных моделей).

Прямая задача решается с использованием алгоритма линейной фильтрации. Фильтры получены в лаборатории малоглубинной электроразведки кафедры геофизики Геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Тщательно проверенные фильтры и способ реализации алгоритма обеспечивают быстрое и точное решение прямой задачи для широкого диапазона моделей, пригодных для подавляющего большинства возможных геологических ситуаций.

Для решения обратной задачи используется принцип минимального числа слоев или вариант метода Ньютона минимизации невязки с использованием Тихоновского подхода к регуляризации решения некорректных задач. При регуляризации может использоваться априорная информация о глубинах границ и сопротивлениях слоев. Обратная задача решается независимо для каждой точки ВЭЗ.

Создание и изменение модели

Параметры модели для текущей точки ВЭЗ (сопротивления (и поляризуемости - в режиме ВЭЗ/ВП), мощности слоев, глубины и абсолютные отметки кровель слоев) представлены в окне кривой синей линией - псевдокаротажной кривой. Кроме того, они также представлены в виде таблицы в отдельном окне (окне модели), в заголовок которого вынесено значение невязки теоретической и полевой кривой (одно число в режиме ВЭЗ, два числа в режиме ВЭЗ-ВП). 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. Под невязкой по поляризуемости (только в режиме ВЭЗ-ВП; показывается в скобках со знаком «±») понимается

среднеквадратическое отклонение кривых кажущейся поляризуемости. Эти величины показаны также в поле *Fitting error/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 числа слоев

Чтобы расщепить текущий слой (т. е. слой, выделенный в окне моделей), следует нажать клавиши [Ctrl-N], выбрать пункт меню *Model, Split/Модель, Расщепить*, или щелкнуть по кнопке {*Split the layer/Расщепить*} в 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. Расщепление последнего слоя (полупространства) приводит к появлению слоя, залегающего непосредственно на полупространстве. Мощность добавленного слоя в 1.5 раза превосходит суммарную мощность перекрывающей толщи

Для объединения слоя, выделенного в окне моделей, с подстилающим его слоем следует нажать клавиши [Ctrl-Y], выбрать пункт меню *Model, Join/Модель, Объединить*, или щелкнуть по кнопке {*Join two layers / Объединить*} 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. Объединение слоев недоступно, если в окне модели выделен последний слой (полупространство).

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 выберите точку с нужной моделью и выберите пункт меню *Edit, Copy/Правка, Копировать* или нажмите клавиши [Ctrl-Ins] keys, или щелкните по кнопке {*Copy/Копировать*} в панели инструментов. Затем выберите точку, на которую нужно перенести скопированную модель и выберите пункт меню *Edit, Paste /Правка, Вставить* или нажмите клавиши [Shift -Ins] keys, или щелкните по кнопке {*Paste/Вставить*} в панели инструментов.

Сброс модели

Иногда необходимо удалить модель для одной из точек, например, чтобы начать интерпретацию «с самого начала». Для этого выберите нужный пикет ВЭЗ и выберите пункт меню *Edit, Cut model/Правка, Сброс модели*, или нажмите клавиши [Shift-Del] или щелкните по кнопке {Cut } панели инструментов.

Удаление моделей для всех точек профиля, показанных в окне разрезов, производится выбором пункта меню *Delete all results/Сброс всех моделей*.

Отказ от изменений

Любую законченную операцию редактирования модели может быть отменена нажатием клавиш [Alt-Backspace], выбором пункта меню *Edit, Undo/Правка, Отменить* или щелчком по кнопке {UnDo/Отменить} в панели инструментов. Операция по редактированию считается законченной, когда нажата клавиша [Enter] после ввпечатывания значения в ячейку таблицы окна моделей, или когда отпущена кнопка мыши после перетаскивания отрезка кривой псевдокаротажа. Вставка модели из буфера обмена также является законченной операцией редактирования. Отменить можно только последнюю операцию. Чтобы отменить все изменения модели, проведенные после выбора пикета, выберите пункт меню *Edit, Restore*.

3.2 Автоматическая интерпретация кривых ВЭЗ

а) Метод наименьшего числа слоев

Метод наименьшего числа слоев является самым формальным подходом к интерпретации. Для выполнения автоматической интерпретации по этому методу следует выбрать точку ВЭЗ, кривую для которой следует интерпретировать, и затем выбрать пункт меню *Point, New model/Пикет ВЭЗ, Новая модель* или нажать клавишу [F7]. Созданная модель имеет минимальное количество слоев, параметры которых обеспечивают минимальную невязку полевой и теоретической кривых для текущей точки. Авторы IPI2Win считают реализацию метода наименьшего числа слоев своим «ноу-хау». Чтобы применить этот алгоритм ко всем пикетам профиля, выберите пункт меню *Point, New model/Пикет ВЭЗ, Новые модели* или нажмите клавиши [Alt-F3]

Этот метод интерпретации может порождать модели с очень тонкими слоями исключительно высокого или низкого сопротивления. Впоследствии параметры таких слоев можно изменить вручную в соответствии с принципом эквивалентности. Метод минимального числа слоев следует использовать для создания грубой модели начального приближения для дальнейшей интерактивной интерпретации при недостатке априорной информации.

Управление решением обратной задачи методом наименьшего числа слоев осуществляется заданием минимальной и максимальной невязки, определяющих границы поиска решения, а также заданным минимальным количеством слоев в модели и (в режиме ВЭЗ-ВП) весом невязки по поляризуемости при решении обратной задачи. Чтобы задать значения этих параметров, следует выбрать пункт меню *Options/Параметры*. В окне *Options/Параметры* перейдите во вкладку *New model/Новая модель*, и введите значение минимальной невязки в текстовую строку *Minimal error (%) / Мин. невязка (%)*, максимальной невязки - в текстовую строку *Maximal*

error (%)/Макс. невязка (%), вес, с которым учитывается невязка по поляризуемости - в текстовую строку *Charg. weight/Вес поляриз.*, минимально допустимое количество слоев - в текстовую строку *Min. layers number/Мин. число слоев* окна *Options/Параметры*.

В режиме ВЭЗ-ВП при решении обратной задачи кривые кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости используются совместно.

б) Метод регуляризованного подбора (алгоритм Ньютона)

Чаше чем метод наименьшего числа слоев, для автоматической интерпретации в программе IPI2Win применяется автоматический регуляризованный подбор. Для автоматической интерпретации этим методом следует выбрать точку ВЭЗ, кривую для которой нужно интерпретировать, создать модель начального приближения любым из указанных выше способов, и затем выбрать пункт меню *Point, Inversion/ВЭЗ, Автомат* или нажать клавишу [Пробел] или щелкнуть по кнопке {*Inversion/Автомат*} на панели управления. Параметры модели изменятся так, чтобы обеспечить минимальную невязку полевой и теоретической кривых для текущей точки. Количество слоев не изменяется. Чтобы применить этот алгоритм ко всем пикетам профиля, выберите пункт меню *Point, Profile inversion /Пикет ВЭЗ, Автоподбор по всем* или нажмите клавиши [Ctrl-F3].

Если одна и та же модель начального приближения подходит для нескольких соседних пикетов профиля, возможно провести интерполяцию моделей. Для этого сбросьте модели для нужного фрагмента профиля, создайте модель начального приближения для первого пикета фрагмента и затем выберите пункт меню *Point, Profile interpolation /Пикет ВЭЗ, Интерполяция моделей* или нажмите клавиши [Shift-Ctrl-F3].

Модель начального приближения создается, исходя из априорных данных, полученных по геологическим разрезам и/или результатам бурения, предоставленных заказчиком, или иным образом доступным. Обычно интерпретатор генерализует эти данные с тем, чтобы они представляли

именно электрические свойства пород, составляющих геологический разрез по профилю наблюдений. В режиме ВЭЗ-ВП при решении обратной задачи кривые кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости используются совместно.

Закрепление параметров модели

Если значения каких-либо параметров разреза известны точно (априори или по результатам интерпретации), возможно их закрепление перед началом автоматической интерпретации. Закрепленные параметры не меняются в процессе подбора. Закрепление параметров является способом более жесткой и управляемой регуляризации процесса подбора.

Чтобы закрепить параметр, щелкните в нужную ячейку таблицы окна параметров и затем выберите пункт меню *Model, Fix/Модель, Закрепить* или нажмите клавишу [Ins]. Для отмены закрепления щелкните по ячейке с нужным параметром и выполните те же действия, т. е. выберите пункт меню *Model, Fix/Модель, Закрепить* или нажмите клавишу [Ins].

Интерактивная интерпретация

Интерактивная интерпретация является основным способом интерпретации данных с помощью программы IPI2Win. В этом разделе Руководства высказываются соображения авторов по интерпретации ВЭЗ. Излагаемый подход вытекает из обширного опыта интерпретации данных ВЭЗ при решении различных геологических задач.

Интерпретация обычно начинается с анализа геологических данных по скважинам, расположенным на профиле ВЭЗ или вблизи от него. Затем проводится визуальный анализ разреза кажущегося сопротивления. На профиле выделяются зоны со одинаковыми типами кривых. Между этими зонами обычно проявляются переходные зоны. В пределах каждой зоны возможна, как правило, одномерная интерпретация.

Для каждой зоны выбирается точка с типичной кривой. Эти кривые интерпретируются с использованием доступных априорных данных. Если для некоторых точек известен геологический разрез по данным бурения, то модель начального приближения для этих точек задается по этим данным. Число слоев и глубины границ определяются по буровым колонкам, сопротивления слоев задаются исходя из литологической информации. Некоторые геологические слои могут объединяться в единые геоэлектрические слои в соответствии с электрическими свойствами слагающих пород и, следовательно, их проявленностью на кривой ВЭЗ.

После интерпретации типичных кривых модели переносятся на остальные точки соответствующих зон. На практике модели для каждой точки приходится редактировать. Для этого можно применить автоматический подбор с закреплением параметров или интерактивную интерпретацию. Таким образом осуществляется интерпретация в пределах каждой зоны.

Для кривых переходных зон может понадобиться более радикальное изменение модели. При интерпретации кривых переходных зон соответствию моделей общей геологической концепции профиля придается большее значение, чем точности подбора отдельных кривых. Результат интерпретации имеет вид либо своего рода «фациального замещения» (т. е. сопротивление слоя меняется от точки к точке при постоянной мощности слоя) либо своего рода «эрозионного вреза» (т. е. при неизменных сопротивлениях глубина границы уменьшается или увеличивается до утыкания в подошву перекрывающего или кровлю подстилающего слоя). Выбор того или иного варианта зависит, главным образом, от априорных данных и, в какой-то степени, от вкусов интерпретатора. Опыт разработчиков в интерпретации ВЭЗ показывает, что одновременного изменения сопротивлений слоев и глубин границ следует, как правило, избегать.

Полученный таким образом геоэлектрический разрез становится первым приближением модели геологического строения вдоль профиля

наблюдений. Этот разрез подвергается анализу с точки зрения соответствия здравому геологическому смыслу и имеющимся априорным данным. В результате анализа в разрез, как правило, вносятся некоторые изменения. В разрез могут быть формально введены слои, влияние которых невелико, но наличие которых достоверно известно из априорных данных. На этом этапе интерпретации основное внимание уделяется соответствию геоэлектрического разреза геологической ситуации и «общему впечатлению» от него, но ошибку подбора по-прежнему стараются минимизировать.

Редактирование модели на геоэлектрическом разрезе

Редактирование моделей можно производить, работая только мышью с изображением геоэлектрического разреза.

Операции, доступная в данный момент, определяется видом указателя мыши в пределах изображения геоэлектрического разреза в окне разрезов.

Для выбора операции выведите дополнительную панель инструментов щелчком по кнопке {Edit mode/Режим редактирования } в панели инструментов или контекстное меню щелчком правой кнопки мыши по изображению геоэлектрического разреза в окне разрезов.

3.3 Дополнительные средства интерпретации

1) Оценка пределов действия принципа эквивалентности

Для оценки пределов действия принципа эквивалентности для одного из параметров модели для одного из пикетов ВЭЗ, выберите пикет и затем ячейку с соответствующим значением. Чтобы установить максимально возможное (в пределах действия принципа эквивалентности) значение параметра, выберите пункт меню *Model, Maximum/Модель, Максимум* или нажмите клавиши [Ctrl-Alt-D]. Чтобы установить минимально возможное (в пределах действия принципа эквивалентности) значение параметра, выберите

пункт меню *Model, Minimum/Модель, Минимум* или нажмите клавиши [Ctrl-Alt-Y].

2) Вычисление суммарной продольной проводимости

Для вычисления суммарной продольной проводимости геоэлектрического разреза до определенной глубины выберите пункт контекстного меню щелкните по кнопке $\{S(H)\}$ в панели инструментов. Появится окно *Conductance/Суммарная проводимость*.

Впечатайте значение глубины в текстовое поле *Depth/Глубина*, затем щелкните по кнопке $\{Calculate\}$ окна *Conductance/Суммарная проводимость*. В окне появится график суммарной продольной проводимости вдоль профиля. Вертикальный масштаб графика может быть линейным или логарифмическим. Чтобы выбрать один из них, включите соответственно поля *Linear/Лин* или *Log/Лог* в поле *Scale/Масштаб* окна *Conductance/Суммарная проводимость*. Включение/выключение поля *Labels/Метки* окна *Conductance/Суммарная проводимость* включает/выключает режим вывода имен пикетов ВЭЗ на графике.

Результаты можно запомнить в буфере обмена щелчком по кнопке *Copy* окна *Conductance/Суммарная проводимость*. Запомненные данные можно вставить в электронные таблицы или текстовый процессор.

Другие дополнительные средства интерпретации доступны в пункте меню *Section, Transformation / Разрез, Трансформации*.

3) Разрез невязки подбора

Чтобы вывести разрез невязки подбора кажущегося сопротивления (в режиме ВЭЗ-ВП - или кажущейся поляризуемости) выведите на экран разрез нужной величины, затем выберите пункт меню *Section, Transformation>Accuracy/Разрез, Трансформации> Невязка* или щелкните по кнопке $\{Fitting\ error\}$ в панели инструментов. Рассмотрение разреза невязки может быть полезно для выделения по профилю или по глубине зон, в которых точность подбора минимальна. Такие зоны могут быть связаны с отклонениями от горизонтально-слоистой модели среды.

4) Вертикальная производная

Чтобы вывести разрез вертикальной производной (производной по разному) кажущегося сопротивления (в режиме ВЭЗ-ВП - или кажущейся поляризуемости) выведите на экран разрез нужной величины, затем выберите пункт меню *Section, Transformation > V-Transformation/ Разрез, Трансформации > Верт. производная* или щелкните по кнопке {*Vertical derivative transformation*} в панели инструментов. Производная может вычисляться по разному или по логарифму разности; для переключения между этими режимами выберите пункт меню *Section, Transformation > dR/dLnR / Разрез, Трансформации > dR/dLnR*. Дифференцирование по разному подчеркивает характерные точки кривой зондирования: экстремумы - как нули, а перегибы - как экстремумы.

5) Горизонтальная производная

Чтобы вывести разрез горизонтальной производной (производной по разному) кажущегося сопротивления (в режиме ВЭЗ-ВП - или кажущейся поляризуемости) выведите на экран разрез нужной величины, затем выберите пункт меню *Section, Transformation > H-Transformation/ Разрез, Трансформации > Гориз. производная* или щелкните по кнопке {*Horizontal derivative transformation*} в панели инструментов. Экстремумы горизонтальной производной обычно подчеркивают мест резкой смены одной горизонтально-слоистой модели на другую.

4 АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

Аппаратура. Для выполнения лабораторной работы необходим персональный компьютер со следующими характеристиками: процессор Pentium/Celeron с тактовой частотой 1000 МГц и выше, оперативная память 512 Мбайт и более, свободное дисковое пространство – не менее 100 Мбайт, монитор типа Super VGA.

Программное обеспечение. Для выполнения лабораторной работы необходима операционная система Windows 2000/XP и демо-версия программы IPI2Win.

5 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторной работы **запрещается:**

- самостоятельно производить ремонт персонального компьютера, а также установку и удаление имеющегося программного обеспечения;
- нарушать общепринятые правила техники безопасности при работе с электрооборудованием, в частности, касаться электрических розеток металлическими предметами и т. д.;
- принимать пищу, напитки и сорить на рабочем месте пользователя персонального компьютера.

В случае неисправности персонального компьютера необходимо **немедленно** сообщить об этом обслуживающему персоналу лаборатории (системному администратору).

6 ЗАДАНИЯ

6.1 Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в разделе 2 настоящих методических указаний.

6.2 Произвести знакомство с возможностями программы

интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win.

6.3. Произвести интерпретацию данных кривой ВЭЗ для заданного пикета профильных данных в ручном режиме.

6.4 Произвести интерпретацию данных кривой ВЭЗ для заданного пикета профильных данных в автоматическом режиме.

6.5 Ознакомиться с принципом подобия при интерпретации данных вертикального электрического зондирования.

7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде текстового документа и должен содержать:

- 1 Название лабораторной работы.
- 2 Цель лабораторной работы.
- 3 Формулировку задания и результат его выполнения.
- 4 Краткие выводы по результатам выполнения лабораторной работы. В выводах необходимо отразить, каких результатов удалось достичь при выполнении лабораторной работы .

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.1 Какие возможности имеет программа интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win?

8.2 Создание и изменение модели в программе интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win.

8.3 Изменение числа слоев и их свойств в программе интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win.

8.4 Перенос модели с другой точки вертикального электрического зондирования в программе IPI2Win.

8.5 Методы автоматической интерпретацией кривых ВЭЗ в программе

интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win.

8.6 Закрепление параметров модели в программе IPI2Win.

8.7 Интерактивная интерпретация в программе IPI2Win.

8.8 Дополнительные средства интерпретации в программе интерпретации данных вертикальных электрических зондирований IPI2Win.

8.9 Принципом подобия при интерпретации данных вертикального электрического зондирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ РЕКОМЕНДУЕМЫЙ К
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ: [2 – 4, 5 – 7]

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Требования к оформлению отчета по выполнению лабораторных работ

Отчет должен содержать следующие элементы:

Титульный лист

Цель работы

Оборудование и материалы

Задание

Порядок выполнения работы

Вывод

Образец титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Кафедра «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных
ископаемых»

Отчет по лабораторной работе №

название работы

Вариант №

Выполнил студент группы _____

Ф.И.О.

Проверил преподаватель

должность, Ф.И.О.

Ставрополь, 20__ г.

Цель работы: приводится формулировка цели лабораторной работы. Формулировки цели для каждой лабораторной работы приведены в методических указаниях.

Оборудование и материалы: перечисляется используемое оборудование и материалы.

Задание: приводится описание задания в соответствии с выданным вариантом.

Порядок выполнения работы: описываются последовательно этапы выполнения работы с указанием результатов.

Вывод: кратко описываются итоги проделанной работы и приводится анализ полученных результатов.

Параметры форматирования

Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А4).

Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения.

Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14.

Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом.

Лист с текстом должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм.

Необходимо различать в тексте **дефис** (-) (например, корреляционно-регрессионный) и **тире** (–) (Alt + 0150).

Нумерация рисунков, таблиц и формул должна соотноситься с номером лабораторной работы. Например, в лабораторной работе 1 таблицы и рисунки нумеруются так: Таблица 1.1, Рисунок 1.1, (1.1) и так далее.

Рисунки должны быть оформлены с учетом особенности черно-белой печати (рекомендуется использовать в качестве заливки различные виды штриховки и узоров, в графиках различные виды линий – пунктирные,

сплошные и т. д., разное оформление точек, по которым строится график – кружочки, квадраты, ромбы, треугольники).

Рисунки нумеруются снизу (Рис. 1. Название).

Надписи на рисунках должны читаться.

Рисунки должны читаться отдельно от текста, поэтому оси должны иметь название и единицы измерения;

Таблицы должны иметь название. Таблицы нумеруются сверху (Таблица 1.1 – Название).

Формулы выполняются в программе редактор формул **MathType**; выравниваются по центру, их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю. Допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами.

Заголовки должны быть выделены относительно основного текста, например, выполнены в полужирном стиле.

Страницы нумеруются арабскими цифрами. Номер страницы ставится в центре нижней части листа без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию, номер на нем не ставится.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда при работе в компьютерном классе для обучающихся согласно инструкции ИОТ-УИ-274-13, утвержденной ректором СКФУ.

1. Общие требования охраны труда

1.1. К самостоятельной работе с ПЭВМ допускаются обучающиеся после прохождения ими инструктажа на рабочем месте, обучения безопасным методам работ и проверки знаний по охране труда.

1.2. Обучающиеся обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные в университете, требования инструкций по охране труда:

по оказанию доврачебной медицинской помощи пострадавшим ИОТ-МЦ -08-13;

по пожарной безопасности в СКФУ ИОТ-УКБ-Об-13;

для операторов и пользователей ПЭВМ, работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видео дисплейных терминалов ИОТ-УИ-05-13.

1.3. Запрещается употреблять во время учебно-воспитательного процесса алкогольные напитки, а также приходить на занятия в состоянии алкогольного, наркотического или иного опьянения.

Курить запрещено в компьютерных классах, учебных корпусах и студенческих общежитиях.

Курить разрешается на территории университета только в специально оборудованных местах.

1.4. При работе с ПЭВМ рекомендуется организация перерывов на 10 - 15 мин. через каждые 45 - 60 мин. работы.

1.5. При работе на ПЭВМ могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

Физические:

- повышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны;
- уровень положительных и отрицательных аэронов в воздухе рабочей зоны;
- неравномерность распределения яркости в поле зрения;
- повышенная яркость светового изображения;
- повышенный уровень пульсации светового потока;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный или пониженный уровень освещенности;
- повышенный уровень прямой и отраженной блескости;
- повышенный уровень ослепленности;
- повышенные энергетические потоки света;
- несоответствие параметров микроклимата нормам.

Химические:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны двуокиси углерода, озона, аммиака, фенола, формальдегида и полихлорированных бифенилов.

Психофизиологические:

- напряжение зрения и внимания; интеллектуальные и эмоциональные нагрузки;
- длительные статические нагрузки;
- монотонность труда; большой объем информации обрабатываемой в единицу времени;
- нерациональная организация рабочего места.

Биологические:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны микроорганизмов.

1.6. Запрещается находиться в компьютерном классе в верхней одежде, а также принимать пищу.

1.7. Обучающийся должен знать месторасположение первичных средств пожаротушения и уметь ими пользоваться.

1.8. Обучающийся должен знать местонахождения медицинской аптечки, правильно пользоваться медикаментами и уметь оказать доврачебную медицинскую помощь пострадавшим.

1.9. При несчастном случае на производстве обучающийся обязан:

- устранить травмирующий фактор (если это возможно);
- оказать первую медицинскую помощь пострадавшему;
- при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь или организовать доставку пострадавшего в медицинское учреждение;
- немедленно сообщить о случившемся администратору, преподавателю, заведующему кафедрой;
- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих и не приведет к аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности ее сохранения - зарисовать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование или видеосъемку).

1.10. При работе с ПЭВМ обучающиеся должны соблюдать правила личной гигиены.

1.11. Работа в компьютерном классе разрешается исключительно в присутствии преподавателя или технического персонала компьютерного класса.

1.12. Запрещается присутствие в помещении компьютерного класса посторонних лиц.

1.13. По всем вопросам, связанным с работой вычислительной техники следует обращаться к техническому персоналу компьютерного класса.

2. Требования охраны труда перед началом работ

2.1. Перед началом работы пользователь ПЭВМ обязан:

- осмотреть и привести в порядок рабочее место, освободив его от посторонних предметов;
- убедиться в достаточности освещенности, отсутствии отражений на экране, отсутствии встречного светового потока;
- проверить комплектность компьютера;
- проверить правильность установки стола, стула, положения оборудования, угла наклона экрана, положения клавиатуры.

2.2. При подключении компьютера необходимо соблюдать следующую последовательность включения оборудования:

- включить блок питания или источник бесперебойного питания (если есть);
- включить периферийные устройства (принтер, монитор, сканер и др.);
- включить питание системного блока или иного оборудования.

2.3. Запрещается приступать к работе при:

- нарушении целостности корпуса компьютера, монитора, клавиатуры, мыши;
- обнаружении неисправности оборудования;
- отсутствии защитного заземления устройств ПЭВМ;
- отсутствии огнетушителя и аптечки первой помощи в компьютерном классе;
- нарушении гигиенических норм размещения мониторов.

3. Требования охраны труда во время работы

3.1. Во время работы на ПЭВМ обучающийся обязан:

- аккуратно обращаться с клавиатурой;
- держать открытыми все вентиляционные отверстия устройств;
- соблюдать расстояние от глаз до экрана в пределах 60-80 см;
- следить, чтобы кабель (шнур) ПЭВМ был защищен от случайного повреждения и соприкосновения с горячими и сырыми поверхностями.

3.2. Пользователю ПЭВМ во время работы запрещается:

- дотрагиваться до экрана монитора и вращать монитор;
- работать с ПЭВМ при снятом корпусе;
- во избежание внутреннего перегрева и выхода ПЭВМ из строя закрывать во время работы вентиляционные отверстия посторонними предметами или чехлами;
- оставлять включенный ПЭВМ без присмотра;
- самостоятельно вскрывать корпус монитора, системного блока;
- самостоятельно разбирать монитор, системный блок, клавиатуру, мышь;
- самостоятельно переключать силовые питающие кабели проводов связи с периферийными устройствами на задней крышке корпуса системного блока и монитора;
- отключать штепсельные разъемы;
- подключать в цепь нулевого провода предохранители;
- заземлять компьютер на батарею парового или водяного отопления;
- переключать разъёмы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;

- оказывать механические усилия (наступать ногами, дергать)' силовые питающие кабели и за провода связи с периферийными устройствами;
- ударять сильно по клавишам клавиатуры;
- работать грязными руками;
- касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры (возможен разряд повышенного электростатического потенциала);
- прикасаться к задней панели системного блока (возможно поражение электрическим током);
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, клавиатуры;
- загромождать верхние панели устройств бумагами и посторонними предметами; подвергать монитор воздействию прямых солнечных лучей или других источников тепла;
- устанавливать системный блок на полу непосредственно у ног пользователя ПЭВМ, в зоне повышенной влажности и повышенного содержания пыли;
- передвигать столы с оборудованием, переставлять оборудование на столах.

3.3. Необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- не прикасаться одновременно к металлическим частям ПЭВМ и устройствам, имеющим естественное заземление (радиаторы отопления, водопроводный кран и т.д.).
- во избежание повреждения соединительного провода клавиатуры работать с клавиатурой только на столе.
- при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2.0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1.2 м.

3.4. Помещение для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение.

3.5. Рабочие столы рекомендуется размещать таким образом, чтобы видео дисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам и естественный свет падал преимущественно слева.

3.6. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

3.7. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана.

3.8. Должен быть обеспечен свободный доступ к сетевому выключателю ПК и розетке.

3.9. Рабочие места с ПЭВМ не должны размещаться вблизи силовых кабелей, технологического оборудования.

3.10. Необходимо систематически проветривать помещение с ПЭВМ - во время перерывов с обязательным выходом из него обучающихся.

3.11. По всем вопросам, связанным с неисправностями в вычислительной технике следует обращаться к преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

4.1. Пользователь ПЭВМ обязан немедленно отключить электропитание:

- во всех случаях обнаружения обрыва проводов питания, неисправности заземления, элементов электрооборудования, запаха гари и т. п.)

- при возникновении «дрожания» изображения (рябь, покачивание, подергивание);

- при обнаружении человека, попавшего под напряжение, (немедленно) освободить его от действия тока, оказать до прибытия врача потерпевшему первую медицинскую помощь;

- при повреждении штепсельного соединения кабеля (шнура) или его защитной трубки;
- в случае внезапного прекращения подачи электроэнергии;
- при появлении не характерного для работы ПЭВМ шума;
- при появлении дыма или запаха, характерного для горящей изоляции.

4.2. При возгорании оборудования отключить питание и принять меры к тушению очага пожара имеющимися первичными средствами пожаротушения в соответствии с инструкцией по пожарной безопасности.

4.3. При любой аварии или аварийной ситуации, которая может привести к аварии или несчастному случаю, обучающийся обязан сообщить преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

5. Требования охраны труда по окончании работ

- 5.1. Закрыть активные задачи.
- 5.2. Убедиться, что в дисководе нет дискеты или диска.
- 5.3. Провести завершение работы.
- 5.4. Выключить периферийные устройства и монитор.
- 5.5. Отключить питание системного блока.
- 5.6. Выполнить упражнение для глаз, шеи, спины в течении 1-2 минут.
- 5.7. Привести в порядок рабочее место.
- 5.8. О всех замеченных неполадках сообщить преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.
- 5.9. По окончании работы сдать свое рабочее место с ПЭВМ преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых:

учебник для студентов, обучающихся по направлению «Геология» / [В. В. Авдонин и др.]; под ред. В. В. Авдонина [Текст]. - Москва: Академия, 2011. – 407 с. : ил., фот., карты, граф., диагр.

2. Геофизическая электромагнитная теория и методы [Текст]: монография: пер. с англ. / М. С. Жданов; под ред. Е. П. Велихова. - Москва: Науч. мир, 2012. - 679 с.: ил.; 27 см. Указ. - Библиогр.: С. 645-667. – ISBN 978-5-91522-287-7 (в пер.).
3. Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Габриэлянц Г.А., Керимов В.Ю., Мстиславская Л.П. Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа / Под ред. Э.А. Бакирова и В.Ю. Керимова: Учебник для вузов. В 2-х кн. – 4-е изд., перераб. И доп. – Кн. 1: Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2012. – 412 с.: с ил.

Дополнительная литература:

1. Серкерев С.А. Гравиразведка и магниторазведка. Основные понятия, термины, определения: Учеб. Пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 479 с.
2. Маловичко А.К., Костицын В.И. Гравиразведка: Учебное пособие для студентов геофизических специальностей вузов. – М.: 1992. – 359 с.
3. Гринкевич Г.И. Магниторазведка. – Екатеринбург: УГГА, 2001. – 308 с.
4. В.К. Хмелевской. Геофизические методы исследования земной коры. Кн.1: Методы прикладной и скважинной геофизики. Учебник. – Дубна: Международный университет природы,

общества и человека «Дубна». – 1997, 276с., с ил.

5. В.К. Хмелевской. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 2: Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика. Учебное пособие. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна». –1999, 184с., с ил.
6. Серкерев, С. А. Гравиразведка и магниторазведка в нефтегазовом деле: учебное пособие / С. А. Серкерев. – М.: Нефть и газ: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. – 512 с.: ил. – Библиогр.: С. 498-500. – Предм. указ.: С. 501-506. – ISBN 5-7246-0365-9
7. Булычев А.А., Лыгин И.В., Мелихов В.Р. Численные методы решения прямых задач грави- и магниторазведки (конспект лекций). Учебное пособие для студентов и магистрантов специализации «Геофизика» – М.: 2010. – 164 с. (Библиотека кафедры)

Интернет-ресурсы:

1. <http://geophys.geol.msu.ru> – сайт кафедры геофизики МГУ.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению самостоятельной работы
по дисциплине «Электроразведка»
для специальности 21.05.03 Технология геологической разведки

Ставрополь
2026

Содержание

Пояснительная записка

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Методические рекомендации по выполнению заданий

Список литературы, рекомендуемый к использованию в самостоятельной работе студентов

Пояснительная записка

Наряду с аудиторной работой одной из форм учебного процесса, его существенной частью является самостоятельная работа студентов (СРС).

Задачами СРС являются:

- развитие и привитие навыков самостоятельной учебной работы и формирование знаний;
- освоение, углубление содержания и основных положений курса, выносимых на самостоятельное изучение студента; в ходе составления опорного конспекта, в ходе подготовки к лекционным занятиям
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий при подготовке и написании докладов, рефератов, для эффективной подготовки к итоговому контролю.

Самостоятельная работа студентов может осуществляться как в аудитории, так и вне ее, обычно это в основном внеаудиторная деятельность студента. Для активного владения знаниями в процессе аудиторной работы необходимо не только понимание учебного материала, но и творческое его восприятие.

Основные формы реализации самостоятельной работы и контроля знаний являются:

Комплект разноуровневых задач и заданий – индивидуальное решение репродуктивных, реконструктивных и творческих заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков студентов по темам дисциплины. Процедура проведения этой формы учебной деятельности студента включает в себя письменное выполнение заданий трех уровней и защиту их на практическом занятии. При проверке задания, оцениваются полнота и самостоятельность выполнения заданий, оригинальность решения.

Опорный конспект темы – письменный текст, в котором кратко и последовательно изложено содержание основного источника информации. Конспектировать – значит приводить к некоему порядку сведения, почерпнутые из оригинала. В основе процесса лежит систематизация прочитанного или услышанного. Записи могут делаться как в виде точных выдержек, цитат, так и в форме свободной подачи смысла. Данный вид самостоятельной работы направлен на формирование представлений о конфликтах.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Их содержание должно сформировать умение анализировать философско-методологические и научные тексты, обосновывать своё отношение к изложенным в них оценкам, составлять краткие конспекты, тезисы прочитанного, умение применять полученные знания для постановки и решения исследовательских задач, связанных с изучением студентами той или иной области природы и культуры. Разнообразие заданий позволяет учитывать индивидуальные особенности студентов при организации самостоятельной работы.

Четкое выполнение самостоятельной работы студентами обеспечит своевременную подготовку к занятию, высокое качество усвоения материала, возможность применения теоретических знаний на практике.

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов
7 семестр				
ОПК-10	Изучение литературы по темам № 3– 6	Конспект	Собеседование	10
ОПК-10	Подготовка к лекциям	Конспект	Опрос	14
ОПК-10	Подготовка к лабораторным работам	Индивидуальные задания	Защита индивидуальных заданий	10
ОПК-10	Подготовка к зачету с оценкой	Вопросы и задачи	Зачет с оценкой	20
Итого за 7 семестр				54
Итого				54

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам. Умение студентов быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к семинарским, лабораторным занятиям, при написании курсовых работ, научных рефератов.

Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет студентам усваивать изучаемый материал более глубоко, меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении заданий. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

При подготовке к лекциям-беседам тема сообщается студентам заранее. Участники дискуссии делятся на группы по 8 человек, в течение 10—15 мин подготавливают свой вариант решения проблемы. Следующим этапом дискуссии является выступление представителей от каждой группы из 8 человек и защиты своего варианта решения. В конце общего обсуждения ведущий подводит итоги дискуссии, дает оценку совместно найденного варианта решения.

Методические рекомендации по организации работы с литературой

Изучение и анализ литературных источников является обязательным видом самостоятельной работы студентов. Изучение литературы по избранной теме имеет своей задачей проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, аргументацию их выводов и обобщений, провести анализ и систематизировать полученный материал на основе собственного осмысления с целью выяснения современного состояния вопроса.

Проработка отобранного материала обязательно должна идти с одновременным ведением записей прочитанного и своих замечаний. Запись может иметь как форму конспекта, так и выписок, а также картотеку положений, тезисов, идей, методик, что в дальнейшем облегчит классификацию и систематизацию полученного материала. Такого

рода записи являются лучшим способом накопления и первичной обработки материал, одной из обязательных форм организации умственного труда.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги источника.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранением логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собирание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

Экономия времени дает использование при записях различного рода сокращений, аббревиатуры и т.д. многие используют для регистрации исследуемых тем систему карточек. Преимущество карточек в том, что тема там излагается очень сжато, и они очень удобны в использовании, т.к. их можно разложить на столе, перегруппировать и без труда найти искомую тему.

Список литературы, рекомендуемый к использованию в самостоятельной работе студентов