

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра геофизических и геохимических методов поисков и
разведки месторождений полезных ископаемых**

ГЕОФИЗИКА

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.06*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 550.31 (073)

ГЕОФИЗИКА: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *Н.А. Данильева*. СПб, 2021. 33 с.

В методических рекомендациях отражены указания к выполнению практических заданий, физические основы методов геофизики, описан ход занятий и структура отчетных материалов.

Предназначены для студентов специальности 21.05.06 «Нефтегазовые техника и технологии» специализации «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Научный редактор к.г.-м.н., доц. *С.М. Данильев*

Рецензент к.т.н. *В.В. Даниленко* (АО НПП «ВНИИГИС»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ГЕОФИЗИКА

***Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.06***

Сост. *Н.А. Данильева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой геофизических и геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *Н.А. Данильева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 13.10.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,9. Усл.кр.-отт. 1,9. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 75 экз. Заказ 982.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Практическое занятие № 1.....	6
Практическое занятие № 2.....	12
Практические занятия № 3 и 4.....	16
Практическое занятие № 5.....	21
Практическое занятие № 6.....	24
Практическое занятие № 7.....	29
Список литературы:	33

ВВЕДЕНИЕ

Геофизические исследования занимают ведущую роль при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, оценке физических свойств горных пород, проектировании фундаментов зданий и сооружений, оценке напряженного состояния массива в шахтах и др.

Цель курса: изучение основ геофизических исследований, проведение лабораторных работ, направленных на освоение геофизической аппаратуры, получение геофизических данных в ходе выполнения лабораторных работ и основы обработки этих данных.

Аппаратурное и программное обеспечение:

- радиометр СРП-97;
- магнитометр МИНИМАГ;
- георадар «ОКО-2»;
- программный пакет Surfer;
- электроразведочный стенд;
- электроразведочная аппаратура «ЭРА-МАХ»;
- программный пакет для обработки данных электроразведки «PIWin».

Основные определения и сокращения:

геофизические исследования – изучение строения земной коры на основе измерения физических параметров горных пород (электрические, акустические, магнитные, тепловые и др.);

радиометрия – метод, изучающий горные породы на основе изучения их радиоактивности;

магниторазведка – метод изучения горных пород на основе изучения различия в магнитных свойствах;

гравиразведка – метод исследования горных пород на основе изучения поля силы тяжести;

гравиметр – прибор, измеряющий значения поля силы тяжести;

поправка Фая (за свободный воздух) – поправка, вводимая в наблюдаемые значения поля силы тяжести для учета влияния высоты измерений;

- *поправка Буге (за промежуточный слой)* – поправка, вводимая в наблюдаемые значения поля силы тяжести, учитывающая влияние масс горных пород, располагающихся между точкой наблюдения и уровенной поверхностью;

- *поправка за рельеф* – вводится в наблюдаемые значения поля силы тяжести для учета рельефа местности;

- *поправка Прея* – поправка, вводимая в наблюдаемые значения поля силы тяжести при проведении работ под уровенной поверхностью (шахты, скважины, дно моря);

- *магниторазведка* – геофизический метод, изучающий строение земной коры на основе исследований магнитного поля Земли;

- *сейсморазведка* – геофизический метод исследования недр, основанный на изучении распространения упругих волн;

- *годограф* – зависимость времени прихода упругой волны от расстояния между источником и приемником;

- *ОТВ* – общий пункт возбуждения;

- *ОТП* – общий пункт приема;

- *ОСТ* – общая средняя точка.

Практическое занятие № 1.

«Интерпретация данных аэромагнитной съемки»

Задание.

На основе анализа карты графиков ΔT одного из участков аэромагнитной съемки:

- 1) установить простирание пород, положение в плане намагниченных тел, контактов пород с различными магнитными свойствами;
- 2) выделить и проследить разрывные нарушения, отражающиеся в магнитном поле;
- 3) определить глубину залегания верхней границы намагниченных пород, углы их падения и намагниченность.

Общие сведения.

По карте магнитного поля, не выполняя вычислений, можно установить основные особенности геологического строения, района: простирание пород с различными магнитными свойствами; наличие пликативных и дизъюнктивных нарушений; относительную глубину залегания отдельных блоков пород и относительные размеры намагниченных тел по падению. Основные признаки магнитного поля, характеризующие особенности геологического строения следующие:

1. Направление осей корреляции магнитных аномалий, отождествляемое с направлением простирания пород.
2. Амплитуда изменений магнитного поля (аномалий), отражающая при одинаковой мощности перекрывающихся отложений различия в магнитных свойствах пород.
3. Скорость изменения значений ΔT (горизонтальный градиент), которая характеризует глубину залегания верхней границы намагниченных пород: плавное изменение поля по маршруту указывает на значительную глубину залегания, резкие изменения ΔT на сравнительно небольшую глубину залегания пород.
4. Резкие изменения характера магнитного поля (смещения в плане осей аномалий, резкие изменения конфигурации аномалий по простиранию, наличие аномалий, оси которых не согласны с общим

простираем пород и др.) являются признаками, по которым выделяют и прослеживают зоны разрывных нарушений.

5. Наличие двух минимумов, расположенных по обе стороны от центра аномалий, указывает на ограниченное распространение пород по падению.

6. Степень асимметрии аномалий, которая при условии известного направления намагниченности пород (например, намагниченность их современным полем) может использоваться для установления направления падения этих пород.

Простые, приемы вычисления параметров намагниченных тел (глубины залегания верхней и нижней границы, центра сечения, видимой мощности, угла падения и намагниченности) разработаны для тел правильной геометрической формы, которыми в первом приближении могут быть аппроксимированы реальные геологические объекты.[1] Поэтому предварительно следует на основе анализа карты графиков ΔT дать заключение относительно предполагаемой модели геологических объектов с тем, чтобы в дальнейшем воспользоваться соответствующими для этой модели формулами.

Порядок выполнения работы.

1. Установить преимущественное направление простирания магнитных аномалий на участке съемки. На прозрачной бумаге, помещенной на карту графиков ΔT , проводят оси корреляции аномалий – линии, соединяющие точки маршрутов с характерными признаками магнитного поля (экстремумы, точки перегиба). Выявить причины нарушения корреляции аномалий по простиранию (смещение пород в плане, выклинивание пластов, изменение глубины залегания).

2. Определить местоположение контактов пород с различными магнитными свойствами и проекцию центра верхней кромки намагниченных тел. Местоположение контактов приближенно устанавливают по зонам экстремальных градиентов в случае, если графики ΔT близки к симметричным. При значительной асимметрии графиков ΔT контакты, пород проводят по точкам, в которых отмечаются экстремумы ΔT . Следует иметь в виду, что положение контактов и видимая мощность пластов могут быть

надежно определены только, если линейные размеры геологического объекта превосходят глубину залегания верхней кромки пород. Для маломощных тел ограничиваются определением проекции центра верхней кромки, которую находят как абсциссу точки, где $\Delta T = \Delta T_{min_{max}}$. Так как на графике ΔT имеются две точки с такими значениями поля $\Delta T(\theta)$, начало координат находят между экстремумами (рис.1)

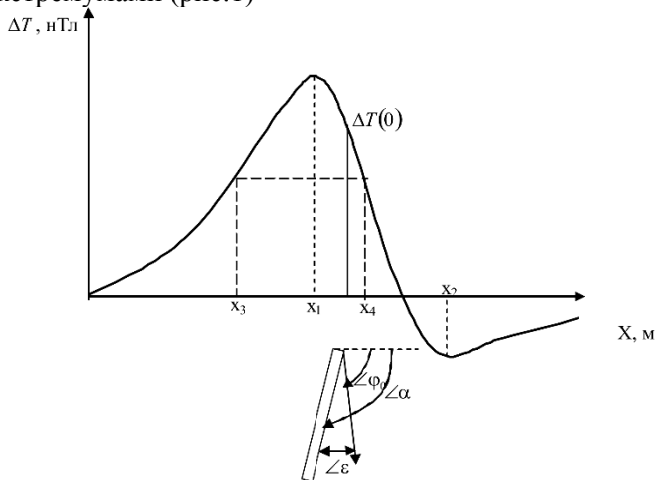


Рис. 1. Определение параметров пластового тела малой мощности.

3. Выделить на карте участки, предположительно указывающие на существование зон разрывных нарушений. Отметить признаки, по которым в магнитном поле выделяются эти нарушения, и дать заключение относительно предполагаемого простираения тектонической зоны.

4. Вычислить глубину залегания верхней кромки намагниченных тел h_1 и углы падения α и намагниченность пород J там, где это возможно и целесообразно. Для проведения расчетов выбирают наименее искаженные влиянием соседних объектов кривые ΔT в центральной части аномальной зоны.

Для пластовых тел малой мощности используют формулы:

$$h_1 = 0.5(x_1 - x_2) \sin \epsilon$$

где x_1 и x_2 - абсциссы точек, в которых значения ΔT равны соответственно ΔT_{max} и ΔT_{min} ; (см. рис. 6).

$$\cos \varepsilon = (\Delta T_{max} + \Delta T_{min}) / (\Delta T_{max} - \Delta T_{min})$$

Знак угла ε определяется по расположению максимума и минимума аномалии: если минимум находится в области положительных значений x (ось x ориентируется в направлении северных румбов), то $\varepsilon > 0$, если в области отрицательных значений, то $\varepsilon < 0$.

Вычисление угла падения пород, имеющих большое распространение по падению, возможно лишь в том случае, когда известно направление намагниченности пород. В работе направление намагниченности принимают совпадающим с направлением современного поля T_0 . Угол ϕ_0 между положительным направлением оси x и проекцией вектора T_0 на вертикальную плоскость находят из соотношения

$$ctg \phi_0 = ctg I \cos A,$$

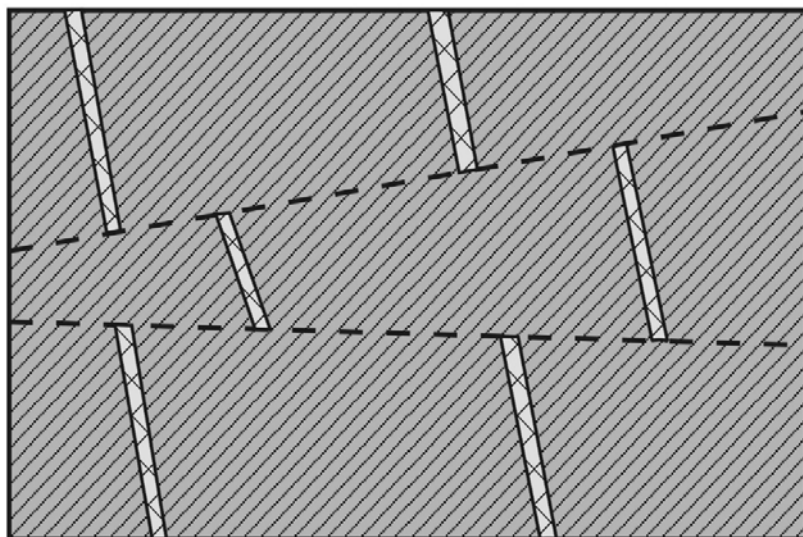
где I - угол наклона магнитного поля Земли (дан в задании); A - магнитный азимут профиля, перпендикулярного простиранию пласта. Зная ϕ_0 и ε , находят $\alpha = \pm \varepsilon + \phi_0$.

Для пластовых тел малой мощности раздельное вычисление, видимой мощности и намагниченности J невозможно, поэтому определяют их произведение [1]

$$J \cdot 2b = \frac{2\pi \Delta T(0) h_1 \sin^2 \phi_0}{\mu_0 \cos \varepsilon \sin \alpha \sin^2 I'}$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

5. Составить схематическую геологическую карту участка съемки, отразив положение пород с различной намагниченностью и зоны разрывных нарушений (Рис. 2). Прилагаемые к заданию данные о магнитных свойствах пород района используют для определения геологической природы выделенных объектов, которые изображают в соответствии с выбранной легендой. На геологической карте условными знаками показывают элементы залегания пород в тех точках, где выполнялись расчеты, и полученные значения h_1 и J .



Масштаб 1: 200 000

Рис. 2. Схематическая геологическая карта

Содержание отчета.

1. Титульный лист.
2. Схематическая геологическая карта с разрезом.
3. Карта осей корреляции магнитных аномалий.
4. Графики ΔT , иллюстрирующие определение параметров намагниченных тел, с расчетными формулами и результатами вычислений.

Контрольные вопросы.

1. По каким признакам в магнитном поле выделяются зоны разрывных нарушений?
2. К каким изменениям характера аномалий ΔT приведёт постепенное изменение по простиранию глубины залегания пород, значения намагниченности, видимой мощности, угла падения пород?
3. В каких случаях направление намагниченности пород не совпадает с направлением современного поля Земли?
4. Можно ли применять приводимые в работе формулы для вычисления параметров тел по аномалиям Z_a ?

5. Можно ли определить глубину залегания пород, если не известно направление намагниченности этих пород?

6. Когда можно определить угол падения пород по магнитному полю, если отсутствуют сведения о направлении намагниченности пород?

7. В каком случае можно воспользоваться для определения намагниченности пород формулой $\Delta T = 2\pi J$ или $Z_a = 2\pi J$?

8. Как учесть при определении глубины залегания, видимой мощности и угла падения пород, что графики ΔT или Z_a получены по маршрутам или профилям, проходящим неперпендикулярно к протиранию пород?

9. Как определить направление намагниченности пород, современным полем, т.е. индуцированной намагниченности, для конкретного района, где проводятся магниторазведочные работы?

Практическое занятие № 2. «Расчет поля силы тяжести»

Цель работы: Знакомство с приемами и методами первичной обработки гравиметрических данных.

Основные сведения из теории.

Поскольку гравиметрами измеряются не полные значения ускорения силы тяжести, а его приращения, наблюдения с гравиметром всегда начинаются на опорных пунктах, где полные значения силы тяжести определяются заранее с повышенной точностью. Создание сети опорных пунктов осуществляется от государственных опорных пунктов I, II и III классов. Зная полное значение силы тяжести на опорном пункте (так называемое “жесткое” значение $-g_{оп1}$) и, взяв отсчет на этом пункте ($n_{оп}$), а затем на пунктах рядовой съёмки ($n_1; n_2; n_3 \dots n_i$ и т.д.), приращения силы тяжести на каждом из рядовых пунктов относительно опорного можно определить, как

$$\Delta g_1 = C(n_1 - n_{оп1})$$

$$\Delta g_2 = C(n_2 - n_{оп1})$$

$$\Delta g_i = C(n_i - n_i)$$

где C – цена деления гравиметра. Алгебраически суммируя приращения на каждом пункте с жестким значением, получают полные значения силы тяжести на каждом рядовом пункте:

$$g_1 = g_{оп1} + \Delta g_1,$$

$$g_2 = g_{оп1} + \Delta g_2,$$

$$g_i = g_{оп1} + \Delta g_i.$$

Однако полученные значения g_i будут определены с ошибкой, поскольку гравиметр обладает сползанием «нуль-пункта». Для учета этой ошибки каждое звено рейса (маршрута) должно не только начинаться, но и заканчиваться на опорном пункте, причем не обязательно на том же, так как полные (абсолютные) значения силы тяжести известны на каждом из опорных пунктов. При этом надо выполнять обязательное условие – промежуток времени между отсчетами на опорных пунктах (или говорят: длительность звена рейса) должен быть не больше времени рабочего режима

гравиметра, которое определяют опытным путем перед началом работы. Обычно это время не превышает 3–4 часов. Затем приступают к обработке данных. Вычисляют для каждой точки разность отсчетов, вычитая из отсчетов на каждой точке самый первый отсчет на опорной точке

$$\Delta n = n_i - n_0.$$

Умножают разности отсчетов на цену деления

$$\Delta g = \Delta n_i C.$$

На миллиметровке строят график зависимости сползания нуля-пункта от времени (рис. 3), считая эту зависимость линейной. Затем определяют величину сползания нуля-пункта для каждого пункта рядовых наблюдений пропорционально времени. Время отсчитывается от отсчета на первом опорном пункте и поправка вводится с обратным знаком.

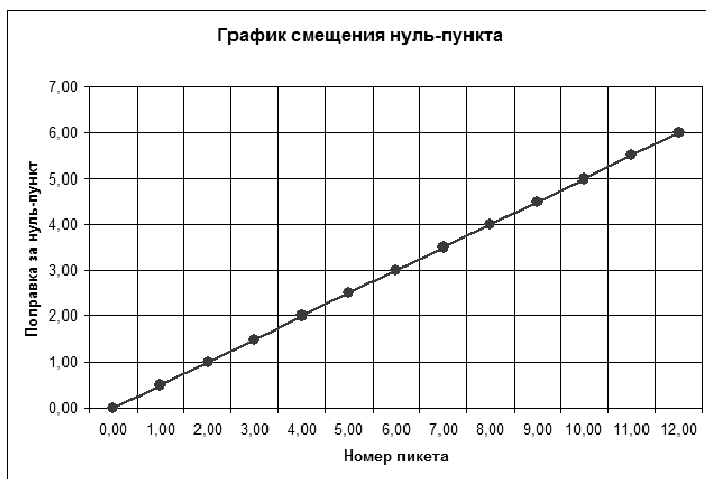


Рис. 3. График зависимости сползания «нуль-пункта» от времени.

Таблица 1

Пикет	T ⁰ C	Время	Отсчет
ОП-1	15	540,000	4,500
1		552,000	5,200
2		564,000	5,900
3		576,000	6,600
4		588,000	7,300
5		600,000	8,000
ОП-2	16	612,000	8,700

Задание.

Провести полную обработку звена рейса с гравиметром, используя следующие данные, выданные преподавателем (таблица 1).

Вычисления значений силы тяжести вести с точностью до сотых долей мгл.

Порядок работы, следующий:

1. Вычисляют приращения Δg :

$$\Delta g_i = C(n_i - n_{оп1})$$

2. Абсолютное значение $g_{абс.}$ рассчитывают:

$$g_{абсi} = g_{он1} + \Delta g_i$$

3. Вычисляют сползание «нуль-пункта» в течение рейса

$$P_{н.п.маx} = g_{он2} - g_{абс.он2},$$

где $g_{абс.он2}$ абсолютное значение на ОП – 2, полученное в рейсе по формуле в п.2, $g_{он2}$ — известное жесткое значение на ОП – 2.

4. Определяют поправки за сползание нуль-пункта в каждой точке наблюдения ($P_{н.п.i}$). Для этого на миллиметровке строят график зависимости сползания нуль-пункта от времени (рис. 1). По графику определяют поправки в каждой точке наблюдения.

5. Вычисляют $g_{испрi}$ по формуле: $g_{испрi} = g_{абсi} + P_{н.п.i}$ (7)

6. Закончив вычисления, необходимо написать отчет, где приложить результаты по форме табл.2, указать номер варианта и ответить письменно на следующие вопросы:

Таблица 2

Пикет	Время	Отсчет	Δg	$g_{абс.}$	Попр. за 0	$g_{испр.}$, мгл
ОП-1	540	4,500	0,000	981 290,000	0,000	981 290,000
1	552	5,200	3,675	981 293,675	0,027	981 293,702
2	564	5,900	7,350	981 297,350	0,553	981 297,903
3	576	6,600	11,025	981 301,025	1,078	981 302,103
4	588	7,300	14,700	981 304,700	1,604	981 306,304
ОП-2	612	8,700	22,050	981 312,050	-3,150	981 308,090

Содержание отчета:

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Вычисления и формулы
4. Построить график сползания нуля-пункта и определить поправки в каждой точке наблюдения.
5. Построить графики абсолютных значений поля силы тяжести от номера пикета, исправленного значения поля силы тяжести и график примерного рельефа местности.
6. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Нарисуйте примерный рельеф местности, по которой шел оператор (для Вашего варианта).
2. Как можно ввести поправку за сползание нуля-пункта без использования графика?
3. Предложите свой алгоритм вычислений (т.е. порядок вычислений), отличающийся от предложенного в работе. Проверьте его на примере из вашего варианта.

Практические занятия № 3 и 4. «Электропрофилирование и ВЭЗ»

Задание.

Провести съемку методом электропрофилирования и вертикальное электрическое зондирование аквариума в лаборатории с имитацией аномальных зон, определить коэффициенты установки и рассчитать кажущееся электрическое сопротивление, построить карты распределения электрического сопротивления и разрез кажущегося удельного сопротивления.

Теоретические сведения.

Метод электропрофилирования и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) относится к методам «постоянного тока». Они выполняются при помощи четырехэлектродных установок, два электрода АВ – питающие, два другие MN – приемные. Изменяя напряжение в сети, по известному закону Ома рассчитывается кажущееся удельное электрическое сопротивление, где геометрический коэффициент установки вычисляется по формуле $K = 2\pi a$ – для установки Винера и $K = \pi AM * AN / MN$ – для установки Шлюмберже.

Метод электропрофилирования выполняют с помощью установки Винера (рис.4), где расстояние между электродами равно ($AM=MN=NB=a$).

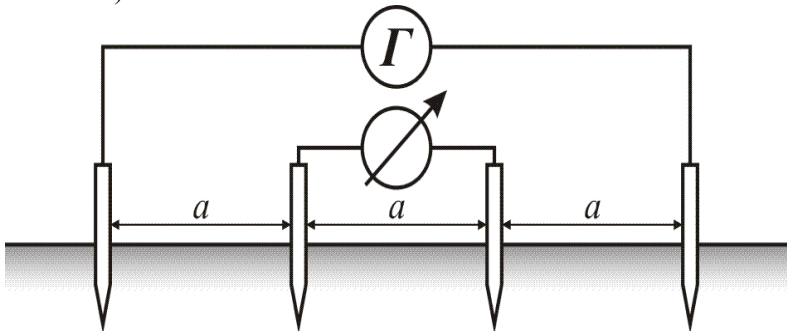


Рис. 4. Установка Винера.

Установку располагают на местности, устанавливая на пикете электрод М, к которому относят все измерения и всю расстановку перемещают вдоль линии профиля с заданным шагом и выполняют измерения.

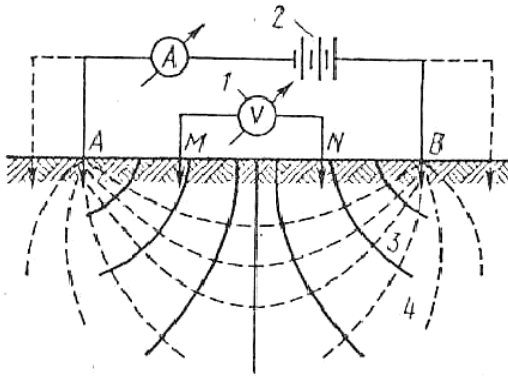
В результате такой съемки можно определить латеральные неоднородности геологического разреза.

Метод вертикального электрического зондирования используют для расчленения геологического разреза по различию удельного электрического сопротивления, поиска грунтовых и артезианских вод и др.

Установку расставляют на выбранном пикете, симметрично от него. Электроды М и N остаются неподвижными, в то время как электроды А и В равноудалены от центра установки О (рис. 5).

С увеличением расстояния АВ изменяется глубина проникновения электрического тока в толщу пород. В результате получается зависимость кажущегося сопротивления от половины разности питающей линии АВ.

Существует два типа палеток для определения количества слоев, их мощности и сопротивления: двухслойные и трехслойные.



1 — потенциометр; 2 — источник питания; А, М, N и В — электроды; 3 — эквипотенциальные линии; 4 — линии токов

Рис. 5. Установка Шлюмберже.

Для двухслойной модели возможны два типа кривых:
 $\rho_1 < \rho_2$ и $\rho_1 > \rho_2$.

В случае наличия двух границ раздела сред применяют трехслойные палетки для четырех типов кривых (рис.7):

$$H(\rho_1 > \rho_2 < \rho_3)$$

$$Q(\rho_1 > \rho_2 > \rho_3)$$

$$K(\rho_1 < \rho_2 > \rho_3)$$

$$A(\rho_1 < \rho_2 < \rho_3)$$

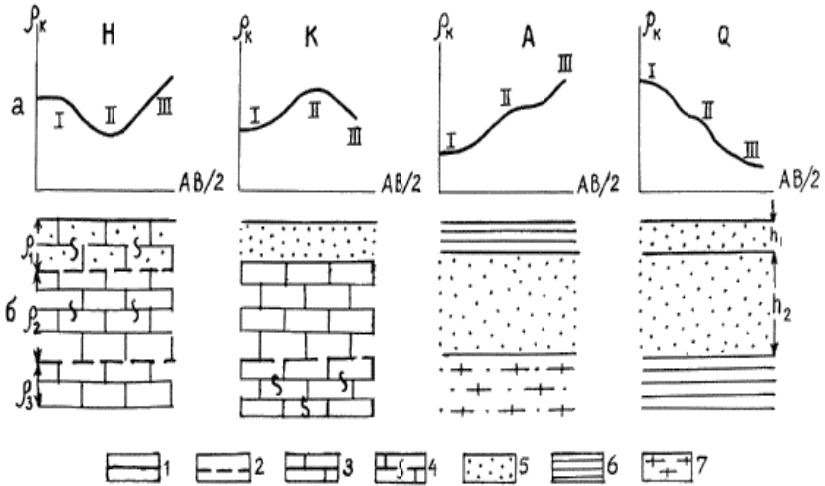


Рис. 7. Типы кривых ВЭЗ для трехслойной модели.

Для изображения кривой ВЭЗ применяют билогарифмический масштаб. По оси x откладывают значения сопротивления, по оси y – глубину или $(AB/2)$ (рис.8)

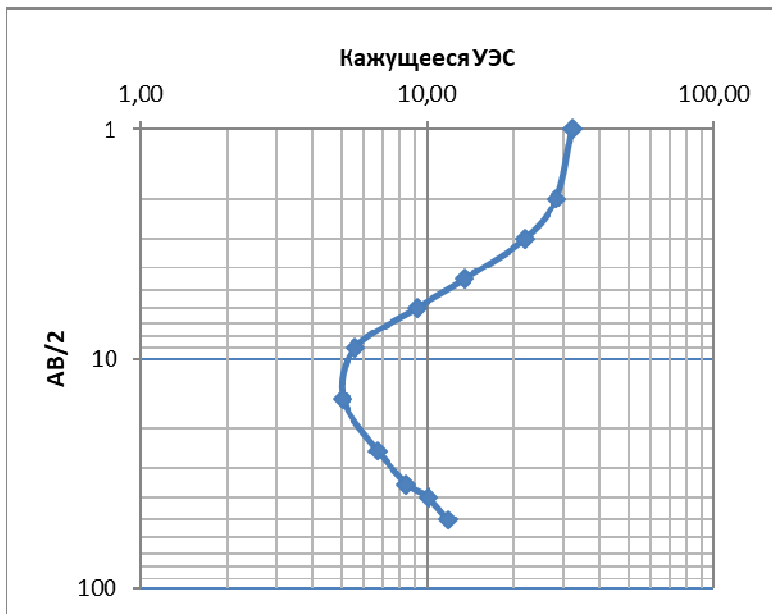


Рис.8. Пример построения кривой ВЭЗ.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать лабораторную установку.
2. Произвести измерения установкой Венера всей площади аквариума и занести данные в таблицу 3.

Таблица 3

№п/п	I, мА	U, мВ	K	Po, Ом	Примечание
1	2	235	...	...
2	2	241	...	...
3	...	...	...	...

3. Произвести замеры методом ВЭЗ всей площади аквариума с заданным шагом и занести в таблицу 4.

Таблица 4

№п/п	AB/2, См	MN, см	I, мА	U, мВ	K	Po, Ом
	2	1	2	...	...	...
	4	1	5	...	...	...

4. Рассчитать кажущееся удельное электрическое сопротивление.

5. Сделать выводы.

Структура отчета:

1. Титульный лист

2. Общие сведения

3. Схема установки

4. Таблицы.

5. Расчеты.

6. Карта и разрезы сопротивлений.

7. Выводы.

Контрольные вопросы.

1. Что такое методы сопротивления?

2. Как выполняется метод ЭП?

3. Как выполняется метод ВЭЗ?

4. Как рассчитать коэффициенты установки?

5. Какие решаемые задачи у методов сопротивлений?

Практическое занятие № 5.

«Построение геоэлектрического разреза по данным ВЭЗ»

Задание.

Используя данные практического занятия № 4 построить псевдоэлектрические и геоэлектрические разрезы.

Порядок работы:

Способ № 1.

1. Подготовить таблицу исходных данных (табл. 5)

Таблица 5

ПК, м	AB/2, м	Рк, Ом
0	2	200
0	4	250
0	6	500
0	10	600
20	2	210
20	4	270
20	6	520

2. Загрузить данные в программный пакет Surfer.

3. Произвести расчет псевдоэлектрического разреза тремя способами:

- minimum curvature;
- local polinomal;
- kriging.

4. Вывести данные в формат рисунка и приложить к отчету.

5. Сравнить полученные результаты.

6. Выделить на кривых ВЭЗ количество слоев, определить их глубину и мощность.

7. Рассчитать значение УЭС по следующей формуле:

$$\rho = \frac{2\rho_{max} \times \rho_{min}}{\rho_{max} + \rho_{min}}$$

8. По полученным значениям построить геоэлектрический разрез на миллиметровой бумаге в масштабе.

9. Сделать выводы.

Способ № 2.

1. Занести данные в таблицу в программном пакете IPI2WIN.

2. Произвести объединение пикетов одного профиля в единый файл.

3. Произвести автоматический подбор модели к исходным данным.

4. Получить уточняющие данные у преподавателя.

5. Внести поправки за мощность слоев и закрепить их.

6. Снова произвести автоматический подбор модели.

7. Вывести графический материал в формате рисунка и вставить в отчет.

8. Сделать выводы.

Структура отчета:

1. Титульный лист

2. Общие сведения

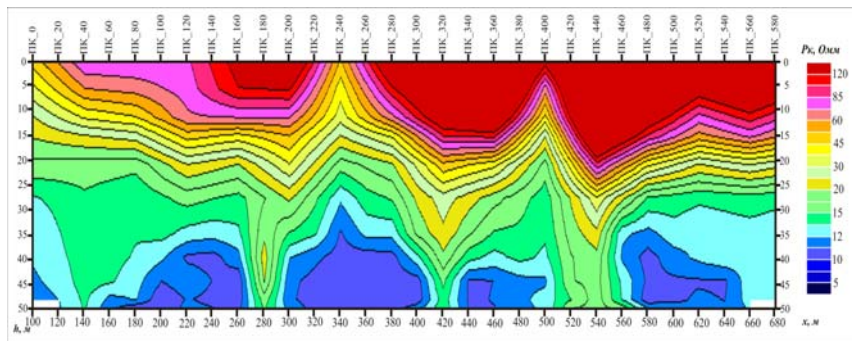
3. Схема установки

4. Таблицы.

5. Расчеты.

6. Карта и разрезы сопротивлений.

7. Выводы.



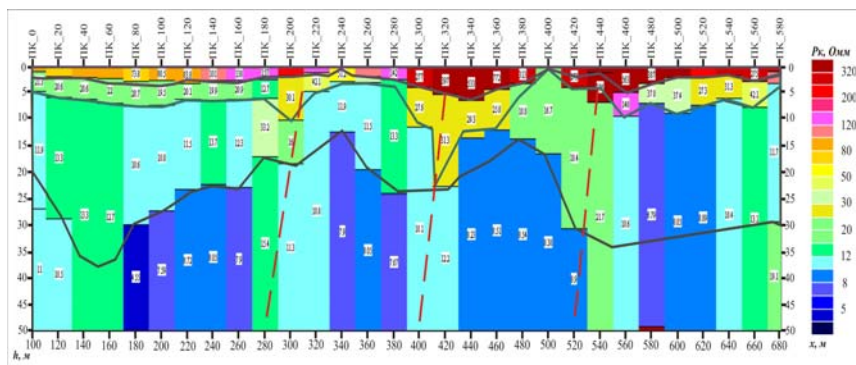


Рис. 9. Пример псевдо и геоэлектрического разрезов.

Контрольные вопросы.

1. Что такое методы сопротивления?
2. Как выполняется метод ЭП?
3. Как выполняется метод ВЭЗ?
4. Как рассчитать коэффициенты установки?
5. Какие решаемые задачи у методов сопротивлений?

Практическое занятие № 6. **«Построение годографов упругих волн»**

Цель работы.

Закрепить теоретические знания по кинематическим особенностям отраженных волн на практике, научиться рассчитывать и строить годографы отраженных волн на сейсмограммах ОТВ и ОСТ.

Задание.

Рассчитать и построить годографы отраженных волн для сейсмограмм ОТВ и ОСТ для заданных значений угла наклона отражающей границы, используя MS Excel.

$\varphi = 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90; \pm L = 2h; \Delta L = 100 - 200 \text{ м.}$

Теоретические сведения.

Сейсморазведка- геофизический метод исследования земной коры, поисков и разведки полезных ископаемых, основанный на изучении характера распространения упругих волн.

Сейсморазведка основана на изучении:

- кинематики волн – времени пробега волны от источника до приемника;
- динамики волн – интенсивности, формы, частоты, длительности колебаний.

Минимальной единицей измерения в сейсморазведке является запись упругих волн, зарегистрированная одним приемником. Из одиночных записей можно составить различные наборы – временные разрезы или сейсмограммы.

Волны, используемые в сейсморазведке

P1- прямая (падающая волна). При попадании продольной волны на границу, она будет отражаться и преломляться, создавая 4 типа вторичных волн:

Верхняя среда

P11 - продольная отраженная волна

P1S1- поперечная отраженная волна

Нижняя среда

P12 - продольная проходящая волна

P1S2- поперечная проходящая волна

Волны, не меняющие свой тип на границе – монотипные (P11, P12).

Волны, меняющие свой тип на границе – обменные (P1S1, P1S2).

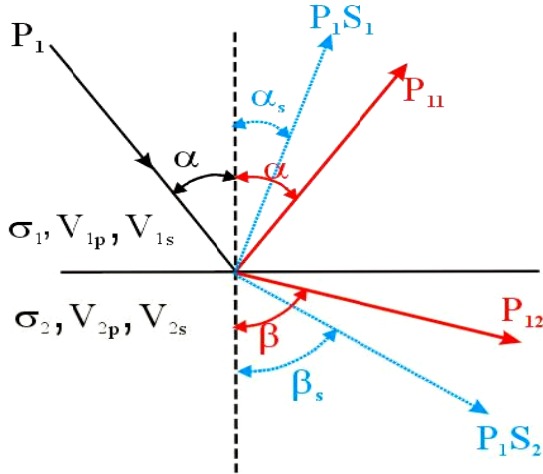


Рис. 10. Виды упругих волн в сейсморазведке.

Сейсмограммы составляются из записей с переменным удалением источник-приемник и некоторой общей координатой. Существуют только три таких набора: сейсмограммы общей точки возбуждения (ОТВ), общей точки приема (ОТП) и общей средней точки (ОСТ, или ОГТ).

Сейсмограммы ОТВ – наиболее распространенные наборы сейсмических записей по техническим причинам. Сейсмограмма ОСТ представляет собой набор записей с переменными удалениями источник-приемник и общей средней точкой.

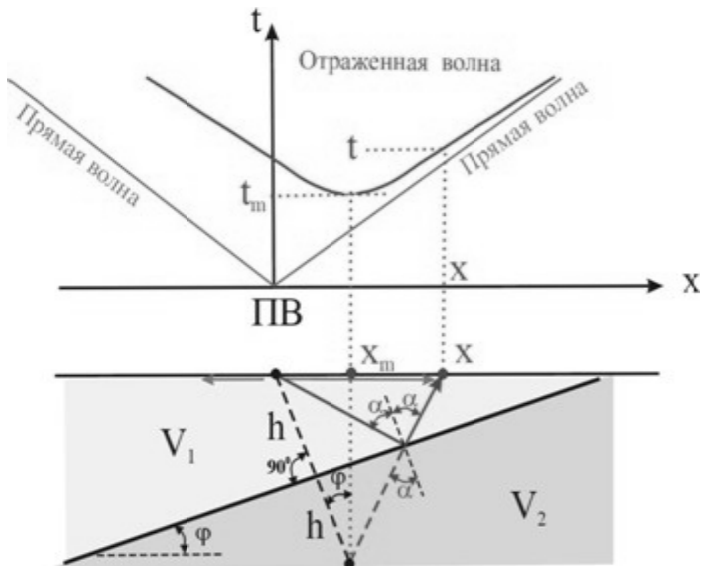


Рис. 11. Годографы отраженной и прямой волны для наклонной границы.

Годографы одних и тех же волн на различных наборах записей могут отличаться. Годограф отраженной волны на сейсмограмме ОТВ не симметричен относительно оси времен, и минимум его всегда смещается в сторону восстания границы (рис.11).

Уравнение годографа отраженной волны для плоской наклонной границы и однородной покрывающей среды на сейсмограмме ОТВ:

$$t = \frac{1}{v} \sqrt{4h^2 \pm 4hx \sin \varphi + x^2}$$

Годограф ОТВ формируется отражением от некоторого участка границы протяженностью M :

$$M = \frac{x}{2} \left(\cos \varphi + \frac{x \sin \varphi}{4h} \right)$$

Годограф прямой волны всегда будет иметь следующий вид:

$$t = \frac{x}{V_1}$$

Годограф преломленной волны для плоской наклонной границы будет иметь вид:

$$t = \frac{1}{V_1}(x \cdot \sin(i \pm \varphi) + 2H \cdot \cos i)$$

Порядок выполнения работы.

По заданным значениям скоростей в границах и углу наклона границы высчитать годографы отраженной, преломленной и прямой волны. По полученным данным (табл. 6) построить графики годографов от пикетов и написать пояснительную записку

Таблица № 6

Вариант	V_1 , км/с	V_2 , км/с	φ , град	H , м
1	1,5	2,5	10	1
2	1,5	2,5	15	1
3	2	3	15	1
4	2	3	20	1
5	2,5	3,5	10	1
6	2,5	3,5	15	1
7	3	4	15	1
8	3	4	20	1
9	3,5	4,5	10	1
10	3,5	4,5	15	1
11	4	5	15	1
12	4	5	20	1
13	4,5	5,5	10	1
14	4,5	5,5	15	1

Структура отчета:

1. Титульный лист.
2. Расчетные формулы
3. Годограф отраженной и преломленной волны
4. Выводы

Контрольные вопросы:

1. Что такое годограф?
2. Укажите формулу для годографа отраженной волны?
3. Укажите формулу для годографа преломленной волны?
4. Что будет происходить с формой годографа преломленной и отраженной волн при наличие наклона границы?

Практическое занятие № 7.
«Определение глубины отражающей границы по
годографам отраженных волн методом t_0 »

Цель работы.

Научить студентов выделять и прослеживать годографы отраженных волн и производить расчет глубин отражающих границ.

Задание.

Выделить три годографа отраженной волны и рассчитать глубину отражающей границы для каждого из них.

Теоретические сведения.

Методика и техника сейсморазведки предназначены для возбуждения упругих колебаний, улавливание колебаний упругих волн, преобразование упругих волн в энергетические импульсы, их усиление и фиксация на сейсмограммах.

Обработка сейсмограмм – выделение различных типов волн, определение времени их прихода.

Количественная интерпретация – расчет скорости распространения упругих волн и их изменения в разрезе и объеме; оценка глубины сейсмических границ, их падения и простирания; построение сейсмогеологического разреза (с использованием геологических данных).

Метод отраженных волн

Это основной метод, которым обрабатываются основные объемы сейсморазведочных работ (90%). Главная сфера применения – поиски, разведки и контроль эксплуатации месторождений углеводородов (газ, нефть, конденсат).

Помимо исследований углеводородов применяется в региональных исследованиях глубинного строения земной коры и в исследовании рудных районов.

Имеет применение в инженерной геологии (т.н. малоглубинная сейсморазведка).

Метод общей глубинной точки (МОВ-ОГТ, МОГТ)

Сущность МОВ-ОГТ – профилирование по системе многократных перекрытий, при которой источник и приемник

симметрично разносятся от центра установки, расположенной над изучаемым отражающим элементом («общей глубинной точкой»).

Если просуммировать полученные сейсмограммы, то отражения от одной и той же границы усиливаются.

По данным суммарной сейсмограммы можно определить время вступления ОВ и построить годограф ОГТ, обработка которого аналогична МОВ.

Интерпретация данных МОВ

Интерпретация сводится к определению глубины залегания отражающей границы (h), угла ее наклона (j) и скорости УВ в покрывающей среде (V).

Для определения скорости используются способы определения «эффективной скорости» $V_{эф}$, мало отличающейся от $V_{ср}$. Более точные способы – данные измерений в скважинах или данные интерпретации преломленных волн.

Способы построения границ по годографам.

В результате сопоставления $V_{эф}$ и $V_{ср}$, по данным скважинных наблюдений или КМПВ строят график зависимости $V_{ср}$ от t_0 , который используют при интерпретации данных сейсморазведки данного района.

Способ засечек

На профиле выбирается 3-5 точек. Из них проводятся засечки с радиусом $R=V_{ср}*t$ (рис. 12).

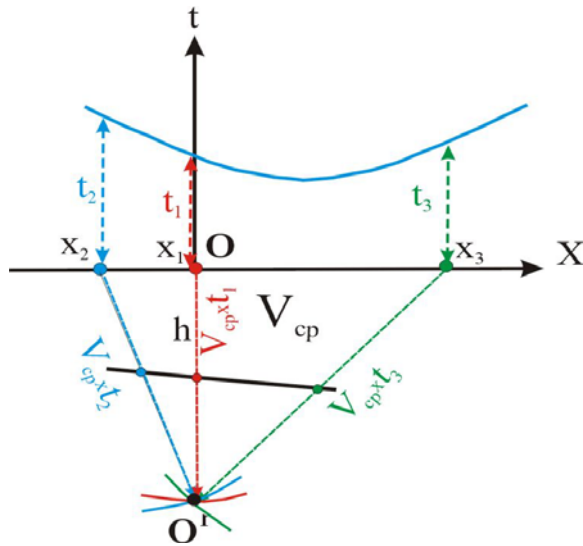


Рис .12. Метод построения отражающей точки методом засечек.

Засечки, пересекаясь в одной точке, дают положение мнимого ПВ, а отражающая граница располагается в середине засечек перпендикулярно OO^1 .

Существует множество способов и алгоритмов интерпретации данных МОВ.

Порядок выполнения.

1. Получить сейсмограмму ОТВ.
2. Выделить и нарисовать цветным карандашом три годографа отраженной волны.

3. Рассчитать среднюю скорость упругой волны по формуле:

$$V_{cp} = \Delta t / \Delta x.$$

4. Рассчитать глубину до границы по следующей формуле:

$$h = V_{cp} / 2t_0.$$

Структура отчета:

1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Сейсмограмма.
4. Расчеты.
6. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры можно определить по данным сейсморазведки?
2. Как можно пикировать отражающие границы?
3. Как примерно определить глубину отражающей границы?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Логачев А.А., Захаров В.П.* Магниторазведка Изд.4, Л.: Недра, 1973 г. 352 С.
2. *Телегин А.Н.* Распространение сейсмических волн. Учебное пособие, Спб.: Горный университет 2013 г. 153 С.
3. *Хмелевской В.К.* Геофизика. Учебник. М.: МГУ, 2015 г.
4. *Царицын В.А., Комарова Т.М., Фомин А.В., Хромов Ю.В.* Радиометрист. Учебник. М.: Недра, 1991 г. 141 С.