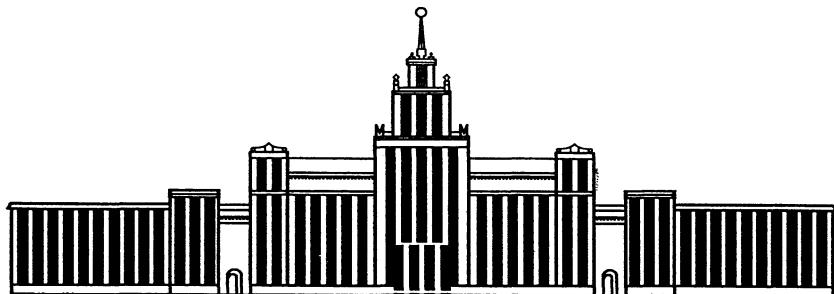

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

55(07)
М919

ГЕОФИЗИКА

Методические указания
по выполнению практических работ

Челябинск
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Кафедра геологии

55(07)
М919

ГЕОФИЗИКА

Методические указания по выполнению
практических работ

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2014

УДК 550.3(075.8) + 550.8(075.8)
M919

*Одобрено
учебно-методической комиссией
геологического факультета
филиала ЮУрГУ в г. Миассе.*

Рецензент Е.В. Белогуб

M919 Геофизика: методические указания по выполнению практических работ / сост. В.А. Муфтахов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 36 с.

В методических указаниях даются задания к практическим работам по разделам курса «Геофизика» – магнитометрии, гравиметрии, электрометрии, сейсмике и ядерной геофизике. Кратко освещаются теоретические вопросы соответствующих разделов и ход выполнения работы.

Методические указания предназначены для студентов геологического факультета направления «Геология».

УДК 550.3(075.8) + 550.8(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение практических работ является неотъемлемым этапом изучения дисциплины «Геофизика».

Задачей выполнения практических работ к курсу «Геофизика» является познакомить студента с геофизическими методами поисков, научить его обрабатывать, анализировать и интерпретировать результаты полевых геофизических наблюдений, а также давать оценку качеству полученных данных.

Все материалы по практическим работам в Методических указаниях разбиты на разделы, по геофизическим методам. Разделы охватывают основные методы геофизики: магниторазведку, гравиразведку, сейсморазведку и ядерную геофизику. В каждом разделе коротко приведены теоретические сведения, необходимые для осмыслиения заданий, сами задания и ход их выполнения. Варианты заданий могут изменяться. В конце всех расчетов необходимо сделать выводы. Ход решения, необходимые расчеты, графики, таблицы и выводы оформляются на отдельных листах формата А4 и сшиваются.

Сдача практических работ заключается в обосновании сделанных выводов, и, защищаются индивидуально.

Объем подобранного материала позволяет студентам ознакомиться с приемами обработки и приобрести навыки в интерпретации геофизических данных, полученных разными методами.

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта,

РАЗДЕЛ 1. МАГНИТОРАЗВЕДКА

Практическая работа № 1

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МАГНИТОРАЗВЕДКИ. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ

Результаты магниторазведочных работ представляют в виде план-графиков и карт вертикальной (Z) и горизонтальной (H) составляющих магнитного поля.

На характер распределения значений элементов магнитного поля, в т.ч. и их аномальных величин оказывают магнитные свойства горных пород, геометрия среды и аномалеобразующих тел, а также направление вектора намагничивающего поля Земли и наличие остаточной намагниченности пород.

На картах и графиках выделяют как положительные, так и отрицательные аномалии.

Выделяют количественную и качественную интерпретацию данных магниторазведки.

Качественная интерпретация позволяет по форме и амплитуде магнитного поля на картах и графиках получать информацию о местоположении пород с различными магнитными свойствами, приблизительно оценить форму аномалеобразующих объектов, их примерное положение относительно профилей измерений.

Количественная интерпретация дает возможность определить размеры и глубину залегания геологического объекта, оценить магнитные свойства горных пород. Процедура качественной интерпретации делится на два этапа – решение прямой и обратной задачи магниторазведки.

Прямая задача состоит в вычислении магнитных аномалий по заданному распределению аномальных масс. В этом случае предполагается, что известны магнитные свойства тела (намагниченность, магнитная восприимчивость), его форма и размеры и требуется найти величину магнитной аномалии на дневной поверхности, обусловленных этим телом.

Обратная задача состоит в вычислении по заданному распределению аномального магнитного поля параметров тела: формы, размеров, плотности.

Прямая задача является вспомогательной, поскольку позволяет найти способы решения обратной задачи, например в случае, когда аномалия создана телом правильной геометрической формы. Кроме того, сравнением решений прямой задачи с интерпретируемой аномалией находят такое решение, которое совпадает с этой аномалией. В этом случае совпавшее с аномалией решение прямой задачи принимают за решение обратной задачи.

Решение прямой задачи всегда определено и однозначно в том смысле, что при известных параметрах возмущающего тела всегда можно найти любые составляющие магнитного потенциала в любой точке пространства и это будет единственное решение. Точность решения прямой задачи может быть сколь угодно высокой, она определяется лишь точностью вычисления исходных интегралов.

В общем случае решение обратной задачи неоднозначно, т. е. по заданному распределению магнитного поля или его элементов нельзя однозначно подобрать распределение магнитовозмущающих тел. Одному и тому же распределению магнитного поля может отвечать множество распределений пород с неодинаковой намагниченностью внутри некоторого объема.

В практике для решения прямых и обратных задач разработаны палеточные, аналитические и графические способы.

Палеточный способ решения прямой задачи. Для вычисления напряженности магнитного поля над горизонтально залегающим телом произвольной формы в сечении перпендикулярным к простирианию, тело можно рассматривать как множество круговых цилиндров бесконечно малых диаметров, сплошь заполняющих данную форму. На основании этого Д.С. Миковым была построена палетка, которая предназначена для графического определения Z_a и H_a поля двумерных тел при вертикальной и наклонной их намагниченности.

На палетке изображено сечение нижнего полупространства заполненного веществом с восприимчивостью χ_p намагниченным полем Z_0 . Направление вектора намагниченности J_z называется осью палетки.

Полупространство радиус-векторами и концентрическими окружностями переменного радиуса r разбито на площадки «равного» действия, каждая из

которых представляет собой сечение горизонтальной призмы бесконечной, по нормали к плоскости палетки (рис. 1).

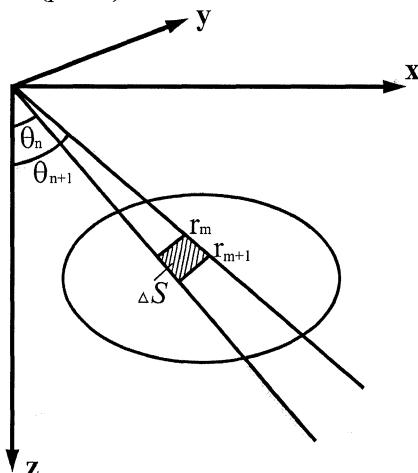


Рис. 1. Схема, поясняющая принцип построения палетки

Точка Р – точка, в которой вычисляется напряженность поля, совпадает с началом координат. Предполагая намагничивание вертикальным, получаем значение Z и H в полярной системе координат от каждого элемента призмы

$$dZ = 2 \frac{\cos 2\theta}{r^2} dM$$

$$dH = -2 \frac{\sin 2\theta}{r^2} dM$$

где $dM = J * dS$; $dS = r * dr d\theta$

Отсюда магнитное поле в точке Р от каждой призмы будет равно:

$$\Delta Z = 2J \int_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \cos 2\theta d\theta \int_{r_m}^{r_{m+1}} \frac{dr}{r}$$

$$\Delta H = 2J \int_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} \sin 2\theta d\theta \int_{r_m}^{r_{m+1}} \frac{dr}{r}$$

Пределы интегрирования можно подобрать так, чтобы любая площадка создавала в точке Р одну и ту же величину напряженности поля, например 1γ ($1\gamma = 1*10^{-5}\text{Э}$)

Интегрируя последнее выражение, получим:

$$J * (\sin 2\theta_{n+1} - \sin 2\theta_n) * \ln(r_{m+1}/r_m) = 1*10^{-5}$$

$$J * (\cos 2\theta_{n+1} - \cos 2\theta_n) * \ln(r_{m+1}/r_m) = 1*10^{-5}$$

Зная величину J и задавая разность синусов углов, можно рассчитать радиусы палетки.

При $J = 50 \cdot 10^{-5}$ ед.СГС и $\Delta \sin = 0,2$ получили $\ln(r_{m+1}/r_m) = 0,1$, а $r_{m+1}/r_m = 1,105$.

Полагая $r_1 = 1$, последующие радиусы определяют как члены геометрической прогрессии с коэффициентом 1,105. Углы при этом имеют следующие значения: $6^\circ; 12^\circ; 18,5^\circ; 27^\circ; 45^\circ; 63^\circ; 71,5^\circ; 78^\circ; 84^\circ; 90^\circ$. За пределами $\pm 45^\circ$ площадки создают отрицательные значения Z . Пользуясь этими данными, строят сетку, каждая площадка которой заменяется точкой, поставленной в «центре внимания».

Чтобы вычислить H , нужно построить палетку, отличающуюся от первой тем, что от вертикальной оси надо откладывать углы, удовлетворяющие требованию, чтобы разность косинусов равнялась $0,2^\circ$.

Общий вид палетки Д.С. Микова показан на рис. 2.

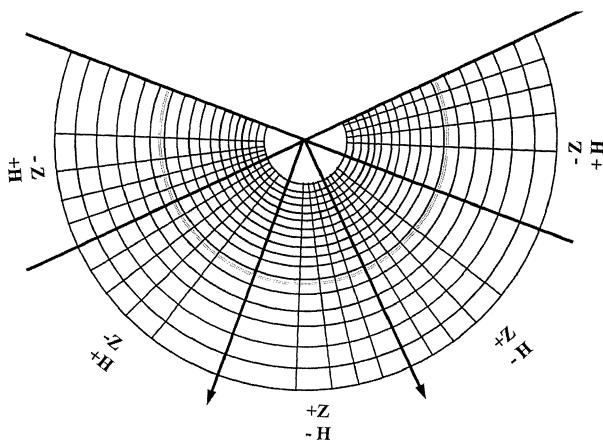


Рис. 2. Палетка Д.С. Микова для вычисления Z и H над горизонтально залегающим телом

В аналитических способах по графикам определяют абсциссы характерных точек: X_{\max} , X_{\min} , $X_{1/2}$, $X_{1/4}$, X_0 , где аномалии равны, соответственно, максимальному и минимальному значениям, половине максимума, одной четверти максимума или нулю (рис. 3).

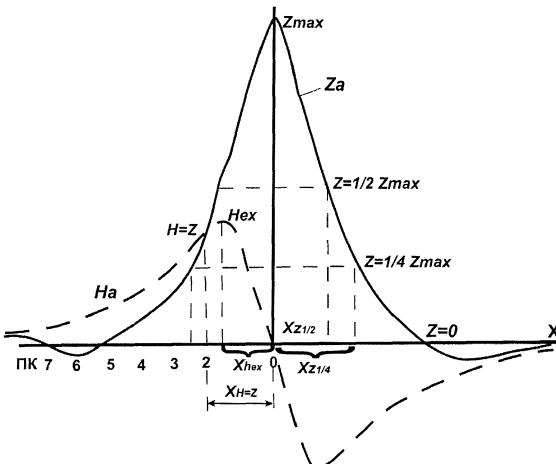


Рис. 3. Интерпретация кривых Z_a и H_a способом характерных точек

Значения абсцисс характерных точек подставляют в формулы, полученные при решении прямых задач. Вычисляют глубину залегания верхней кромки h_u для объектов "бесконечно" глубоко уходящих вниз, или глубину залегания центра масс Н для тел ограниченного распространения по глубине. Средняя относительная погрешность определения глубины составляет 20–30%.

Ниже показано применение метода характерных точек для интерпретации магнитных аномалий над объектами простой геометрической формы.

Вертикальный пласт ограниченного распространения на глубину.

По характерным точкам графиков Z_a и H_a можно рассчитать следующие элементы: глубину залегания центра пласта h_u , вертикальный размер сечения пласта $2l$, глубину залегания верхней $h_u - l$ и нижней $h_u + l$ кромок пласта.

1. Для определения h_u по графику Z_a определяют абсциссы точек $x_0 (Z_a = 0)$ и $x_{0,5} (Z_a = 0,5 \cdot Z_{a \max})$. Тогда

$$h_u = \sqrt{\frac{x_0^4 - x_{0,5}^4}{4x_{0,5}^2}}.$$

2. Если на кривой Z_a точка, где $Z_a = Z_{a \min}$ с абсциссой x_{\min} выражена достаточно четко, то

$$h_u = \frac{x_{\min}^2 - x_0^2}{2x_0}.$$

3. Величину l вычисляют по абсциссе точки $x_z = H$, в которой $Z_a = H_a$, т.е.

$$l = \sqrt{h_u^2 - 2h_u \cdot x_{Z=H} - x_{Z=H}^2}$$

Горизонтальный круговой цилиндр.

Определение глубины залегания центра поперечного сечения цилиндра h_u выполняют по характерным точкам на кривых H_a и Z_a :

- 1) по абсциссе точки, в которой $Z_a = 0$,

$$h_u = x_{z=0};$$

- 2) по абсциссе точки $x_u = H$, в которой $Z_a = H_a$,

$$h_u = \frac{x_{z=H}}{0,7};$$

- 3) по абсциссе точки x_{Hex} , в которой $H_a = H_{\text{aex}}$,

$$h_u = \frac{x_{\text{Hex}}}{0,58};$$

- 4) по абсциссе точки $x_{z\min}$, в которой $Z_a = Z_{\text{amin}}$,

$$h_u = \frac{x_{z\min}}{1,73};$$

- 5) по абсциссе x_i i-х точек графиков Z_a и H_a .

$$h_u = x_i \left(\frac{Z_a}{H_a} \right)_i + \sqrt{\left(\frac{Z_a}{H_a} \right)_i^2 + 1}.$$

В графических способах наиболее широкое применение находит метод касательных, который заключается в проведении на аномалиях графиков Z_a касательных, параллельных оси X в точках максимума и минимума, а также в точках перегиба (точках максимальных градиентов) (рис. 4).

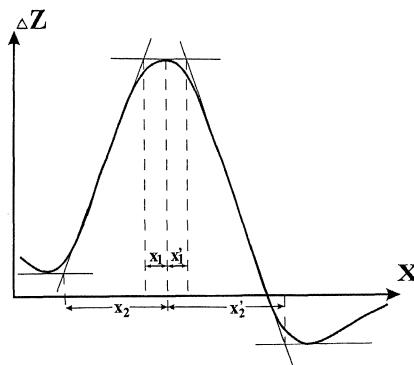


Рис. 4. Интерпретация кривой Z_a способом касательных

Для точек пересечения всех касательных определяют их абсциссы X_1 , X_2 , X_1' , X_2' . Приближенную глубину залегания верхней кромки пласта, создавшего аномалию, рассчитывают по формулам:

$$h = \frac{x_2 - x_1}{2} \text{ и } h' = \frac{x_{2'} - x_{1'}}{2}.$$

Среднее из полученных значений h и h' является оценочной глубиной залегания верхней кромки пласта. При этом, глубина залегания h , вычисленная методом касательных, может отличаться от истинной в зависимости от формы и размеров исследуемых объектов. Поэтому в расчетные формулы вводятся поправочные коэффициенты, которые получены для разных соотношений размеров и глубин залегания тех или иных объектов. Значения этих коэффициентов применительно к примерам задания приведены для каждого варианта в расшифровке выполнения задания.

Задание 1

Дано:

- Величины горизонтальной (Z_0) и вертикальной (H_0) составляющей нормального магнитного поля;
 - Величины магнитной восприимчивости вмещающих пород (χ_1) и горизонтально залегающего тела (χ_2)
1. Рассчитать и построить на кальке палетку Микова;
 2. На миллиметровке построить линию профиля с пикетами и отобразить цилиндрическое горизонтально залегающее тело;
 3. По исходным значениям Z_0 , H_0 , χ_1 и χ_2 с помощью палетки Микова вычислить значения Z_a и H_a для каждой точки профиля и построить соответствующие графики;
 4. Вычислить глубину залегания центра поперечного сечения h_n методом характерных точек;
 6. Подготовить пояснительную записку.

Ход выполнения задания:

1. Расчет палетки Микова сводится к вычислению серии радиусов и построению сетки согласно методике изложенной выше;
2. На миллиметровке построить оси координат: по оси X отложить линию профиля с пикетами (масштаб 1:5000); по оси Y – ниже нуля произвольно отобразить цилиндрическое горизонтально залегающее тело; выше нуля – в масштабе значения Z_a и H_a , после того как они будут определены;
3. Для вычисления Z_a центр палетки (точку P) совмещают последовательно с каждым из пикетов профиля. При этом палетку ориентируют таким образом, чтобы ось J_z была направлена вертикально вниз;
4. Подсчитываем число площадок (или точек), попавших в контур поперечного сечения тела. Обращаем внимание на знаки соответствующих секторов палетки. Находим алгебраическую сумму (S) полученных точек с учетом знака.
5. Вычисляем переходный коэффициент (k), представляющий собой отношение величин намагниченностей, принятых для разреза J и палетки J_n :

$$k = J/J_n,$$

полагая, что $J = \chi^* Z$ и $J = J_2 - J_1$, где J_1 и J_2 намагниченность вмещающих пород и магнитовозмущающего тела соответственно, переходный коэффициент (k) будет равен:

$$k = Z_0^*(\chi_2 - \chi_1)/50,$$

Поле в рассматриваемой точке определяется произведением:

$$Z_a = k^* S$$

Результаты вычислений заносятся в таблицу:

	X_1	X_1	X_{n-1}	X_n
S^+					
S^-					
$\sum S$					
Za_i					
					1

6. По данным таблицы строится график аномальных значений вертикальной составляющей напряженности магнитного поля (Z_a);

7. При расчете и построении графика аномальных значений горизонтальной составляющей напряженности поля H_a выполняются пункты 3–6. При этом вертикально вниз направляют ось J_H , при вычислении переходного коэффициента (k), использовать значение H_0 и в таблицу заносятся значения H_a .

8. Вычисляется глубина залегания центра поперечного сечения h_u методом характерных точек:

- по абсциссе точки, в которой $Z_a = 0$;
- по абсциссе точки $x_u = H$, в которой $Z_a = H_a$;
- по абсциссе точки $x_{H_{ex}}$, в которой $H_a = H_{a_{ex}}$;
- по абсциссе x_i i –х точек графиков Z_a и H_a .

9. В пояснительной записке отразить ход проведения работы, провести сравнение глубин, рассчитанных по различным характерным точкам.

Задание 2

Вариант 1. Определить элементы залегания вертикального пласта "бесконечного" простирания и ограниченного распространения на глубину:

1. По данным табл. 1 на миллиметровке построить графики H_a и Z_a в масштабах: вертикальный 1 см – 0,025 Гс, горизонтальный 1 см – 20 м.

2. Вычислить элементы залегания вертикального пласта способами для вертикального пласта ограниченного распространения на глубину.

3. При вычислении глубины залегания пласта по способу касательных ввести повышающий поправочный коэффициент 0,7.

Таблица 1

Значения H_a и Z_a

$X, м$	$Z_a, Гс$	$H_a, Гс$
0	0,280	0
± 10	0,254	$\mp 0,068$
± 20	0,212	$\mp 0,120$
± 30	0,170	$\mp 0,152$
± 40	0,119	$\mp 0,162$
± 50	0,080	$\mp 0,160$
± 60	0,044	$\mp 0,150$
± 70	0,026	$\mp 0,139$
± 80	0,008	$\mp 0,125$
± 90	- 0,005	$\mp 0,112$
± 100	- 0,012	$\mp 0,098$
± 110	- 0,017	$\mp 0,086$
± 120	- 0,022	$\mp 0,070$
± 130	- 0,025	$\mp 0,067$
± 140	- 0,026	$\mp 0,060$
± 150	- 0,025	$\mp 0,054$
± 160	- 0,022	$\mp 0,047$
± 170	- 0,019	$\mp 0,042$
± 180	- 0,014	$\mp 0,037$

Вариант 2. Определить элементы залегания горизонтально залегающего цилиндра "бесконечного" простириания:

1. По данным табл.2 на миллиметровке построить графики H_a и Z_a . Расстояние X (в метрах) наносят на ось абсцисс от нулевой точки (которая принимается за начало координат) влево и вправо через 10 м в масштабе 1 см – 20 м. Значения H_a и Z_a откладывают по оси ординат в масштабе 1 см – 0,1 Гс.

2. Вычислить глубину залегания центра поперечного сечения цилиндра h_u способами, описанными для горизонтального кругового цилиндра.

3. При вычислении глубины h_u по способу касательных ввести повышающий поправочный коэффициент 0,52.

Таблица 2

Значения H_a и Z_a

$X, \text{м}$	$Z_a, \text{Гс}$	$H_a, \text{Гс}$
0	1,20	0
± 10	1,16	$\mp 0,033$
± 20	1,08	$\mp 0,59$
± 30	0,96	$\mp 0,74$
± 40	0,72	$\mp 0,78$
± 50	0,46	$\mp 0,75$
± 60	0,20	$\mp 0,69$
± 70	0	$\mp 0,62$
± 80	-0,18	$\mp 0,52$
± 90	-0,20	$\mp 0,44$
± 100	-0,18	$\mp 0,37$
± 110	-0,14	$\mp 0,28$
± 120	-0,10	$\mp 0,24$
± 130	-0,09	$\mp 0,22$
± 140	-0,08	$\mp 0,20$
± 150	-0,07	$\mp 0,16$
± 160	-0,06	$\mp 0,12$
± 170	-0,05	$\mp 0,10$
± 180	-0,04	$\mp 0,09$
± 190	-0,03	$\mp 0,08$
± 200	-0,02	$\mp 0,08$

РАЗДЕЛ 2. ГРАВИРАЗВЕДКА

Практическая работа № 2

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГРАВИРАЗВЕДКИ С ПОМОЩЬЮ ПАЛЕТКИ ГАМБУРЦЕВА

Общие сведения

Для определения контуров объектов сложной (неправильной) формы применяют палеточные способы. При этом в процессе интерпретации задают определенные параметры возмущающего объекта (размеры, форму, глубину залегания и физические свойства объекта и вмещающих пород). С помощью палеток рассчитывают графики распределения гравитационного и магнитного поля над этим объектом (решается прямая задача метода).

Расчетные данные сравнивают с фактическими (наблюденными) графиками поля, полученными при полевых измерениях. Если размеры и форма объекта выбраны правильно, то рассчитанный по палетке и наблюденный (полевой) графики совпадут (в пределах заданной точности интерпретации). В случае существенного различия расчетных и фактических данных уточняют форму и размеры тела и снова по палеткам рассчитывают поля над этими объектами.

Таким образом, интерпретацию (решение обратной задачи) проводят перебором решений прямой задачи с помощью палеток. На практике применяют различные типы палеток. В качестве примера рассмотрим палетку Гамбурцева, которая применяется для интерпретации данных гравиразведки для двухмерных тел.

Палетку Гамбурцева строят следующим образом (рис. 5).

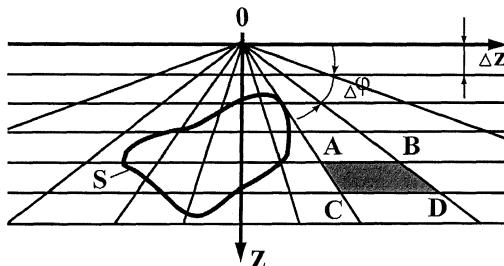


Рис. 5. Палетка Г.А. Гамбурцева для вычисления Δg

Из произвольно выбранной точки 0 проводят серию радиальных прямых через одинаковый угол $\Delta\phi$. Затем через равные интервалы Δz строят сеть линий, параллельных оси абсцисс. Гравитационное притяжение каждой клетки, ограниченной соседними линиями и радиусами, на точку 0 будет равно

$$\Delta g = 2f \Delta \delta \Delta \phi \Delta z$$

где f – постоянная тяготения ($f = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{с}^2$); $\Delta\delta$ – эффективная плотность тела ($\Delta\delta = \delta_{\text{тела}} - \Sigma \delta_{\text{вм.п.}}$). $\text{г}/\text{см}^3$; $\Delta\phi$ – угол в радианах ($1^\circ = 0,017453$ радиана); Δz – величина масштаба геологического разреза, который обычно

совпадает с масштабом палетки (если масштаб разреза не соответствует масштабу палетки, то окончательный результат, вычисленный по палетке необходимо умножить на M/M_0 , где M – масштаб палетки; M_0 – масштаб разреза тела).

Вычисленная величина Δg является ценой деления клетки.

Например, если разрез построен в масштабе 1:2000, $5^\circ=0,08728$ рад, $\Delta\delta = 1$ г/см³, тогда

$$\Delta g = 2 * 6,67 * 10^{-8} * 1.0 * 0,08728 * 2000 = 0,000023 \text{ гал} = 0,023 \text{ мгал.}$$

Интерпретацию палеткой Гамбурцева производят следующим образом. Строят предполагаемый разрез. Накладывают палетку на разрез так, чтобы ось x палетки совпадала с направлением профиля. Точку 0 совмещают с той точкой профиля, для которой будут вычислять величину Δg . Подсчитывают число клеток N палетки, которое попало в сечение тела. Умножая количество занятых сечением тела клеток N на цену клетки, получают гравитационный эффект в мгал в i -той точке профиля, который создает сечение тела. Далее перемещают палетку на другую точку наблюдений и также подсчитывают Δg и т.д. Если размеры и форма сечения выбраны правильно, то экспериментальные и расчетные данные совпадают в пределах погрешностей измерений и интерпретации.

Задание 1

Ход выполнения задания:

1. Построить на кальке палетку Гамбурцева $\Delta\phi = 5^\circ$ и $\Delta z = 1$ см
2. Построить на миллиметровке упрощённый геологический разрез. Масштаб построения разреза 1:2000.
3. На разрезе задать значения плотностей геологических образований, которые необходимо взять из справочников по физическим свойствам горных пород.
4. С помощью палетки Гамбурцева рассчитать значения Δg по профилю вдоль геологического разреза.
5. Результаты расчётов представить в виде таблицы (таблица 3) и графика значений Δg .

Таблица 3

№ ПК	К-во клеток	Δg , мгал расч.	Δg , мгал сумм.

При правильном расчёте график Δg должен отражать в аномалиях геологический разрез.

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ НОРМАЛЬНОГО И АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В РЕДУКЦИИ БУГЕ

Общие сведения

Нормальным значением называют значение силы тяжести, полученное в некоторой точке Земли при условии, что поверхность Земли представляет из себя геоид.

Нормальное значение силы тяжести в любой точке Земли рассчитывается по формуле Гельмерта:

$$\gamma_0 = 978031,85 * (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi) - 14$$

Где φ – географическая широта, а 14 мгал – поправка для России.

Использование гравиметрических наблюдений для геологических и геодезических целей предполагает сопоставление и сравнение результатов этих наблюдений в пределах определенных территорий.

При сопоставлении гравиметрических измерений обычно представляют интерес не полные значения g , а только аномальные значения силы тяжести Δg_a . Для того, чтобы получить аномальные значения силы тяжести, необходимо привести наблюденные значения Δg_n к поверхности геоида путем введения ряда поправок, компенсирующих влияние рельефа, превышений, дополнительных масс.

$$\Delta g_a = g_n - \gamma_0$$

Операция введения в значение силы тяжести поправок называется редуцированием или приведением силы тяжести.

Различают следующие виды поправок: поправка за воздух (Фая), поправка за промежуточный слой (Буге), поправка за рельеф

Поправка за воздух (редукция Фая) – поправка, которая вводится в наблюдаемое значение силы тяжести в точке наблюдения, с допущением отсутствия между этой точкой наблюдения и поверхностью геоида притягивающих масс.

$$\delta g_F = -0,3086h$$

Редукция Фая увеличивает наблюдаемое значение силы тяжести, если точка наблюдения находится выше уровня моря (уровенной поверхности) и уменьшает, если – ниже. Аномальное значение силы тяжести после введения редукции Фая имеет вид:

$$\delta g_a = g_n - \gamma_0 + 0,3086h$$

Поправка за промежуточный слой (поправка Буге) вводится в измеренные значения силы тяжести каждого пикета в предположении, что между точкой наблюдения и уровенной поверхностью имеются массы горных пород, создающих дополнительное притяжение.

Значение поправки Буге определяется выражением:

$$\delta g_B = 0,0419\sigma h$$

где σ – плотность горных пород, слагающих промежуточный слой, h – мощность промежуточного слоя.

Поправки Буге уменьшают наблюдаемое значение силы тяжести.

Одновременный учет поправки Фая и поправки Буге, называется редукцией Буге

$$\delta g_B = (0,3086 - 0,0419\sigma)h$$

Аномальное значение силы тяжести после введения редукции Буге имеет вид:

$$\Delta g_a = g_n - \gamma_0 + \delta g_B$$

Поправка за влияние рельефа вводится при наличии в районе крупных, резко выраженных неровностей рельефа. Расчет этой поправки – трудоемкая операция, обычно осуществляется с помощью ЭВМ. Поправка за рельеф всегда увеличивает значения силы тяжести.

Задание 1

Дано:

- Географическая широта района работ (ϕ) – $55^{\circ}03'36''$, геологическая карта на топооснове, плотности горных пород, значения опорных пунктов наблюдения, приращения значений силы тяжести на точках наблюдения.

1. Рассчитать нормальное значение силы тяжести (γ_0) и по данным приведенным в таблице рассчитать значение редукции Буге и Δg_a .

2. Построить изолинии редукции Буге (δg_B) и аномалии силы тяжести Δg_a .

3. Дать качественную интерпретацию полученным аномалиям.

Ход выполнения задания:

1. Рассчитать нормальное значение силы тяжести (γ_0) для заданной широты (ϕ);

2. Рассчитать наблюденные значения силы, используя следующее выражение:

$$g_{ni} = g_{op} + \Delta g_i$$

3. Снять с карты для каждой точки наблюдения значения превышений рельефа (h_i)

4. Рассчитать значения редукции Буге (δg_B) с учетом плотностей горных пород.

5. Рассчитать значения аномалии силы тяжести Δg_{ai}

6. Построить карты изолиний редукции Буге и аномалий силы тяжести в масштабе геологической карты;

7. Дать качественную и геологическую интерпретацию полученным аномалиям Буге и Δg_a

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА
Практическая работа № 4
ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПО ДАННЫМ
СИММЕТРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ
НА ДВУХ РАЗНОСАХ

Общие сведения

Симметричное электрическое профилирование (СЭП) представляет собой одну из наиболее простых и распространенных модификаций электроразведки постоянным током. Для работ методом СЭП применяется 4-х электродная симметричная установка AMNB, состоящая из двух питающих электродов А и В и двух приемных М и N, расположенных по одной линии симметрично относительно центра установки. В процессе измерений расстояние между электродами не меняется, а вся установка переносится по профилю на определенный интервал, называемый шагом профилирования. Шаг профилирования чаще всего берут кратным MN.

Установка AA'MNB'B состоит из двух четырехэлектродных установок AMNB и A'MNB', имеющих один разнос приемных электродов MN. Наличие второй пары питающих электродов позволяет на каждой точке профиля получать значение ρ_k для двух разных глубин. Это дает возможность делать заключение не только об изменении ρ_k по горизонтальному направлению, но и по вертикали.

Влияние двух геологических структур в разрезе на особенности распределения сопротивления, полученного установкой AA'MNB'B показано на рис. 6. Одна структура типа синклинали заполнена хорошо проводящими породами, другая (антеклиналь) имеет хорошо проводящие породы в ядре.

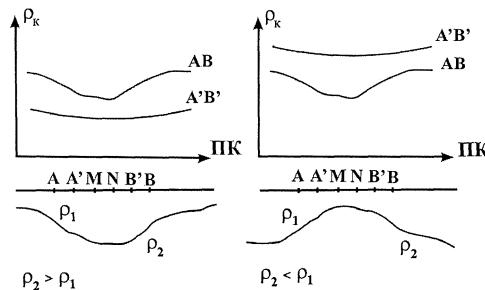


Рис. 6. Графики электропрофилирования установкой AA'MNB'B над синклиналью и антиклиналью

Над этими структурами графики ρ_k , полученные установкой AMNB (сплошная линия) одинаковы. Местоположение синклинали и антиклинали отмечается минимумами ρ_k . Эта неоднозначность решения обратной задачи исчезает, если провести профилирование с установкой AA'MNB'B. Над

синклиналью значение ρ_k для малого разноса $A'B'$ будут меньше ρ_k для большого разноса AB . Над антиклиналью будет отмечаться обратное соотношение величин ρ_k для разносов $A'B'$ и AB . Таким образом, применение установки с двумя разносами питающей линии в данном случае исключает неоднозначность интерпретации результатов профилирования.

Задание 1

Вариант 1.

Исходные данные: на одном из участков выполнено симметричное электрическое профилирование $AA'MNB'B$. Разнос питающих электродов A , B большой установки равен 1000 м, разнос электродов A' и B' малой установки равен 200 м. Шаг наблюдения по профилю – 50 м. Протяженность профиля 2,5 км. Линия профиля проходит в направлении предполагаемой антиклинальной структуры, сложенной известняками. Предполагается, что профиль пересекает погребенную долину, выполненную аллювием. Эта долина обнаружена на соседнем участке с мощностью аллювия до 60 м. Верхняя часть разреза представлена суглинками и глинами. Удельное сопротивление этих пород, полученное по данным параметрических измерений, составляет 20–30 Ом^{*}м.

Требуется определить геологическую природу выявленных аномалий и построить схематический разрез вдоль профиля.

Результаты измерений с установкой $AA'MNB'B$ представлены в таблице 4.

Ход выполнения задания:

1. По данным табл. 3 построить на миллиметровке графики ρ_k для разноса $AB = 1000$ м (сплошная линия) и $A'B' = 200$ м (пунктирная линия). Масштаб построения графиков: горизонтальный 1:10000, вертикальный 1 см – 20 Ом^{*}м.

2. Определить соответствие аномалий на графиках ρ_k геологическим особенностям строения разреза (переуглубление с аллювием или антиклинальное поднятие, выполненное известняками).

3. Построить под графиком схематический геологический разрез.

Таблица 4

Значения ρ_k при $AB = 1000$ м и $A'B' = 200$ м

Номера пикетов	ρ_k , Ом [*] м.		Номера пикетов	ρ_k , Ом [*] м.	
	$AB = 1000$ м	$A'B' = 200$ м		$AB = 1000$ м	$A'B' = 200$ м
0	25	23	26	25	28
1	26	25	27	25	27
2	27	24	28	23	26
3	27	28	29	26	26
4	29	30	30	31	27
5	28	26	31	37	35

Окончание таблицы 4

Номера пикетов	ρ_k , Ом*м.		Номера пикетов	ρ_k , Ом*м.	
	AB = 1000 м	A'B' = 200 м			AB = 1000 м
6	30	28	32	57	56
7	32	30	33	95	78
8	37	36	34	122	105
9	41	48	35	158	114
10	47	65	36	190	139
11	60	100	37	212	147
12	88	124	38	214	150
13	105	139	39	206	142
14	121	165	40	175	130
15	127	195	41	155	89
16	115	188	42	125	64
17	100	128	43	105	48
18	92	100	44	80	40
19	81	70	45	50	35
20	60	55	46	32	28
21	40	37	47	26	26
22	35	32	48	26	25
23	32	30	49	25	24
24	30	28	50	26	26
25	28	25			

Вариант 2.

Исходные данные: в пределах одного участка, сложенного карбонатными породами (известняки, доломиты) предполагается наличие в разрезе двух геологических объектов. Первый из них связан с поверхностными карстовыми проявлениями. В этом случае в карбонатных породах образуются депрессии, заполненные рыхлыми отложениями (пески, глины, суглинки). Второй – подземные карстовые полости, залегающие на глубинах 20–30 м, заполненные обводненным глинистым материалом с обломками карбонатных пород.

Проведенные работы методом электропрофилирования по схеме АМNB показали, что оба объекта отмечаются на графиках минимума ρ_k . Для однозначной геологической интерпретации аномалий были выполнены измерения установкой AA'MNB'B с разносами питающих линий AB = 100 м, A'B' = 20 м. Шаг наблюдения по профилю – 10 м.

Удельное сопротивление карбонатных пород, полученное по данным бокового каротажного зондирования, изменяется от 1000 до 2000 Ом*м. Удельное сопротивление пород, заполняющих карстовые полости варьируется от 100 до 200 Ом*м.

Результаты измерений с установкой AA'MNB'B представлены в таблице 4.

Ход выполнения задания:

1. По данным табл. 5 построить на миллиметровке графики ρ_k . для разноса $AB = 100$ м и $A'B' = 20$ м. Масштаб построения графиков: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1 см – 200 Ом*м.

2. Определить, какие из выявленных аномалий обусловлены погребенной карстовой полостью и какие – поверхностными карстовыми образованиями.

3. Построить под графиком схематический геологический разрез.

Таблица 5
Значения ρ_k при $AB = 1000$ м и $A'B' = 200$ м

Номера пикетов	ρ_k , Ом*м.		Номера пикетов	ρ_k , Ом*м.	
	$AB = 100$ м	$A'B' = 20$ м		$AB = 100$ м	$A'B' = 20$ м
0	1700	1600	26	1680	1550
1	1650	1590	27	1740	1690
2	1680	1610	28	1700	1600
3	1700	1600	29	1650	1600
4	1720	1650	30	1700	1650
5	1730	1690	31	1800	1750
6	1690	1700	32	1750	1700
7	1750	1750	33	1700	1600
8	1650	1700	34	1650	1400
9	1200	1450	35	1500	1200
10	1000	1400	36	1490	900
11	970	1350	37	1400	730
12	900	1300	38	1200	700
13	850	1200	39	1070	650
14	800	1180	40	1100	780
15	830	1000	41	1150	800
16	840	1050	42	1300	980
17	800	1100	43	1450	1200
18	900	1200	44	1600	1450
19	1000	1400	45	1580	1600
20	1100	1430	46	1650	1550
21	1180	1500	47	1700	1600
22	1600	1600	48	1700	1650
23	1700	1650			
24	1700	1650			
25	1600	1580			

РАЗДЕЛ 4. СЕЙСМОРАЗВЕДКА

Практическая работа № 5

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Сейсморазведка – геофизический метод исследования строения земной коры, поисков и разведки месторождений полезных – ископаемых, основанный на изучении распределения упругих волн, возбуждаемых взрывами или невзрывными источниками.

В сейсморазведке полезными волнами, которые несут информацию о геологическом разрезе, являются отраженные, преломленные и прямые волны (рис. 7). Прямая волна распространяется в верхнем слое.

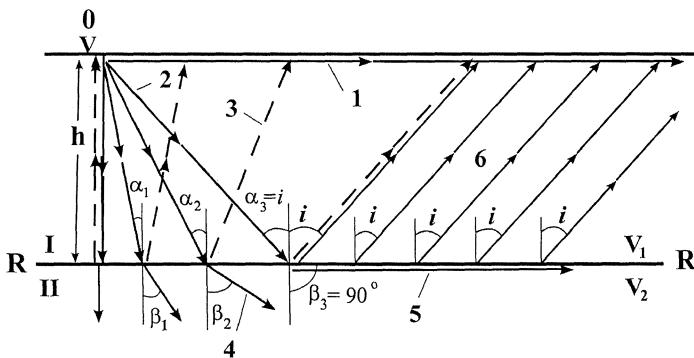


Рис. 7. Основные типы сейсмических волн:
 1 – прямая; 2 – падающая; 3 – отраженная; 4 – преломленная проходящая; 5 – преломленная скользящая; 6 – преломленная головная

Отраженная волна образуется на границе раздела двух типов пород (или сред) при условии неравенства их волновых сопротивлений (волновое сопротивление или акустическая жесткость, равно произведению скорости волны на плотность пород, $\gamma = V * \delta$). Преломленная волна образуется при падении сейсмической волны на границу раздела двух типов пород (или сред) при выполнении условий $V_2 > V_1$ (V_1 и V_2 – скорости распространения сейсмических волн в первой и второй среде, соответственно). В этом случае, если угол падения сейсмической волны, приходящей на границу раздела от пункта взрыва, равен критическому углу (углу полного внутреннего отражения), то угол преломления составит 90° . Преломленная волна начинает скользить вдоль границы раздела. При этом каждая точка границы, в которую пришла скользящая волна, выводится из состояния покоя и становится самостоятельным источником колебаний. Образуются вторичные преломленные или головные волны, которые выходят на земную поверхность и регистрируются сейсмической аппаратурой.

Выход сейсмических волн на земную поверхность обычно регистрируют вдоль прямых линий-профилей. Время прихода той или иной волны к точкам наблюдения зависит от глубины до отражающей или преломляющей границы и расстояния между пунктом взрыва и точкой приема скорости распространения волн.

График зависимости времени пробега волны от расстояния между пунктом взрыва и точкой приема называется годографом волны. Годографы изображают графически в координатах t (время) и x (расстояние) с началом координат в пункте взрыва. Каждому типу волны соответствует определенный вид годографа.

Если профиль проходит через точку взрыва, то годограф прямой волны – прямая линия, выходящая из начала координат (из пункта взрыва). Годограф отраженной волны – гипербола, располагающаяся симметрично относительно оси времен для отражающих границ, параллельных земной поверхности. Годограф преломленной волны от плоской преломляющей границы имеет вид отрезков прямых линий, продолжение которых пересекается на оси времен (рис. 8). Для криволинейных границ характерны более сложные годографы.

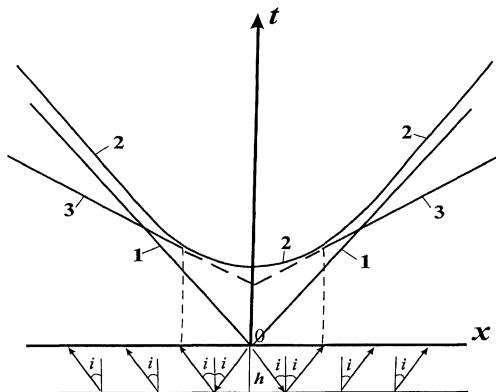


Рис. 8. Годографы прямой (1), отраженной (2) и преломленной (3) волн от горизонтальной границы раздела

По годографам сейсмических волн определяют кажущуюся скорость волны, как отношение приращения расстояния к приращению времени:

$$(V_k = \frac{\Delta x}{\Delta t})$$

Интерпретация сейсмических данных состоит из первичной обработки сейсмограмм, выделения и прослеживания на них различных сейсмических волн, построения годографов волн, определения по годографам глубин залегания сейсмических границ и построения сейсмогеологических разрезов.

Одним из наиболее простых способов интерпретации данных сейсморазведки является метод средних скоростей. Сущность его сводится к тому, что толщу, покрывающую сейсмическую границу, которой соответствует полученный гидограф, считают однородной с некоторой средней скоростью V_{cp} .

Зная среднюю скорость и имея гидографы сейсмических волн, определяют глубину залегания границы и ее конфигурацию. При построении сейсмических границ методом средних скоростей применяют разные модификации: способы "t", засечек, эллипсов, окружностей, полей времен и др.

Построение отражающих границ. Способ засечек.

В основе этого способа лежит нахождение мнимого пункта возбуждения (точка O^x), который расположен на перпендикуляре к отражающей границе на расстоянии $2h$, от истинного пункта возбуждения (точка O), где h – глубина залегания отражающей границы (рис. 9).

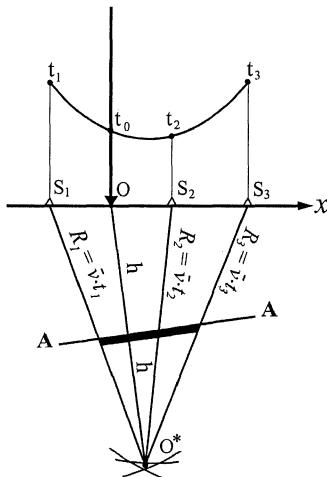


Рис. 9. Построение отражающей границы способом засечек

Длину пути волны R_i , приходящей в i -ю точку профиля, определяют по известной средней скорости V_{cp} и времени t по гидографу, используя формулу $R_i = V_{cp} * t_i$. Для нахождения местоположения мнимого пункта возбуждения O^x проводят из 3–5 точек, равномерно расположенных на линии профиля, дуги окружностей (засечек) радиусами R_i . При правильно, выбранной скорости V_{cp} засечки должны пересекаться в одной точке – мнимом пункте возбуждения. Но обычно они образуют треугольник невязок, центр которого принимают как мнимый пункт возбуждения O^x . Точки O^x и O соединяют прямой линией, к середине которой восстанавливают перпендикуляр AA' . Отрезок перпендикуляра, лежащий между лучами S_1O^x и S_2O^x , проведенных к точке O^x из крайних точек линии профиля, представляет собой часть отражающей границы, которой соответствует интерпретируемый гидограф.

Имея несколько гидографов, полученных с разных пунктов возбуждения, строят отражающую границу для всей исследуемой геологической структуры. Для этого участки отражающей границы, полученные при интерпретации всех гидографов, соединяют между собой.

Задание 1

Построение отражающих границ способом засечек.

Исходные данные: с целью картирования кровли геологической структуры (антеклиналь, уступ и т.п.) вдоль сейсмического профиля выполнены наблюдения методом отраженных волн МОВ. Расстояние между пикетами по профилю 100 м. Наблюдения выполнены с нескольких пунктов возбуждения ПВ для разных интервалов профиля ПК.

Времена прихода отраженных волн от пунктов возбуждения до сейсмоприемников, находящихся на i-х пикетах профиля приведены в табл. 5. Здесь также даны средние скорости сейсмических волн в перекрывающей толще.

Ход выполнения задания:

1. По табличным данным для каждого пункта возбуждения, соответствующих пикетам профиля, построить на миллиметровке гидографы отраженных волн. При построении гидографов ось X направлена горизонтально (номера пикетов возрастают слева направо), ось времен – вертикально. Горизонтальный масштаб: 1 см – 400 м, вертикальный 1 см – 0,1 с.
2. По каждому гидографу способом засечек построить отражающие площадки, используя заданные значения средней скорости $V_{ср}$ и по совокупности площадок построить отражающий горизонт геологической структуры.
3. Сделать геологический анализ полученных результатов.

Таблица 6

**Времена прихода отраженных волн t от пунктов возбуждения ПВ
к пунктам приема ПК ($V_{sp}=1250$ м/с)**

Вариант 1

ПК	T,с		ПК	T,с		
	ПВ на ПК6	ПВ на ПК19		ПВ на ПК33	ПВ на ПК44	
0	2,16	19		1,53		
1		20				
2	2,08	21		1,52		
3		22				
4	2,02	23		1,55		
5		24				
6	1,98	25		1,58		
7		26			1,57	
8	1,94	27		1,64		
9		28			1,52	
10	1,93	29		1,70		
11		30			1,50	1,91
12	1,92	31		1,77		
13		32			1,49	1,79
14	1,92	33		1,85		
15		34			1,50	1,76
16	1,93	35		1,95		
17		36				1,70
18	1,96	37				
19		38				1,66
20	2,00	39				
21		40				1,63
22	2,05	41				
		42				1,62
		43				
		44				1,61
		45				
		46				1,63
		47				
		48				1,67
		49				
		50				1,73

Продолжение таблицы 6

Вариант 2 ($V_{ср}=1400$ м/с)

ПК	T,с			ПК	T,с	
	ПВ на ПК9	ПВ на ПК19	ПВ на ПК31		ПВ на ПК39	ПВ на ПК50
0	1,59			29	0,92	
1				30		
2	1,55			31	0,83	
3				32		
4	1,53			33	0,74	
5				34		
6	1,52			35	0,68	
7				36		
8	1,52			37	0,64	
9				38		
10	1,52			39	0,63	
11		1,65		40		
12	1,55			41	0,67	
13		1,60		42		
14	1,59			43	0,73	
15		1,57	1,60	44		0,87
16	1,64			45	0,80	
17		1,55	1,47	46		0,82
18	1,70			47	0,89	
19		1,55	1,34	48		0,80
20				49	1,00	
21		1,55	1,22	50		0,81
22				51	1,12	
23		1,57	1,11	52		0,83
24				53	1,23	
25		1,60	1,01	54		0,89
26				55	1,37	
27			0,90	56		0,93
28				57		
29			0,81	58		1,01
30				59		
31			0,73	60		1,09

Продолжение таблицы 6
Вариант 3 ($V_{ср}=1500$ м/с)

ПК	T,с			ПК	T,с		
	ПВ на ПК8	ПВ на ПК18	ПВ на ПК18		ПВ на ПК30	ПВ на ПК38	ПВ на ПК49
0	2,07			24	1,53		
1				25			
2	2,05			26	1,46		
3		2,47		27			
4	2,04			28	1,43		
5		2,62		29			
6	2,04			30	1,40		
7		2,53		31			
8	2,04			32	1,38		
9		2,43		33		1,38	
10	2,07			34	1,37		
11		2,33	2,19	35		1,37	
12	2,09			36			
13		2,23	2,17	37		1,38	
14	2,12			38			
15		2,15	2,16	39		1,39	
16	2,17			40			
17		2,06	2,15	41		1,42	
18	2,22			42			
19		1,99	2,15	43		1,46	
20	2,27			44			1,53
21			2,16	45		1,51	
22	2,35			46			1,51
23			2,19	47		1,57	
24				48			1,52
25			2,21	49		1,64	
				50			1,53
				51			
				52			1,56

Окончание таблицы 6

Вариант 4 ($V_{ср}=1400$ м/с)

ПК	T,с		ПК	T,с		
	ПВ на ПК8	ПВ на ПК18		ПВ на ПК30	ПВ на ПК38	ПВ на ПК49
0	3,02		26	2,25		
1			27			
2	2,94		28	2,23		
3			29			
4	2,28		30	2,23		
5			31			
6	2,82		32	2,25		
7			33		2,26	
8	2,76		34	2,28		
9			35		2,27	
10	2,72		36			
11			37		2,29	
12	2,68		38			
13			39		2,32	
14	2,65		40			
15			41		2,36	2,46
16	2,62		42			
17			43		2,42	2,47
18	2,60	2,30	44			
19			45		2,46	2,49
20	2,59	2,24	46			
21			47		2,54	1,51
22		2,021	48			
23			49			2,55
24		2,20	50			
25			51			2,59
26		2,23	52			
			53			2,64
			54			
			55			2,69

РАЗДЕЛ 5. ЯДЕРНАЯ ГЕОФИЗИКА

Практическая работа № 6

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Цель работы: получить практические навыки выявления грубых, систематических и случайных ошибок наблюдений при анализе результатов полевой гамма-съемки (γ -съемки).

Общие сведения

Надежность, а иногда и принципиальная возможность изучения тех или иных особенностей геологического строения, зависит от того, с какой погрешностью выявлены физические поля, несущие геологическую информацию. Эта погрешность может возникать как за счет неточности самих измерений, так и за счет того, что результаты измерений содержат составляющие, не связанные с геологическим строением, которые не удается полностью исключить при обработке наблюдений. Поэтому при проектировании и оценке выполненных геофизических работ всегда обсуждается вопрос о допустимой погрешности измерений.

Погрешностью измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешности измерений обусловливаются различными факторами. При радиометрических и ядерно-геофизических измерениях они включают:

- 1) ошибки, связанные со статистической природой радиоактивности (статистика счета);
- 2) аппаратурные ошибки, связанные с нестабильностью работы отдельных блоков аппаратуры (инструментальные ошибки);
- 3) методические ошибки, связанные с эталонированием, непостоянством вещественного состава, плотности и других характеристик горных пород, руд, наличием «мешающего» фона;
- 4) ошибки, связанные с отбором и подготовкой проб;
- 5) ошибки оператора, включая ошибки округления при взятии показаний прибора.

Изучение всех возможных источников ошибок и закономерностей их возникновения позволяет разделить все ошибки на три вида: грубые, систематические и случайные.

Грубые ошибки возникают чаще всего из-за неопытности наблюдателя. Это неправильно взятые отсчеты, ошибки при записи, описки и т.д. Такие ошибки подлежат исключению и в дальнейшем не рассматриваются.

Систематические ошибки возникают главным образом из-за неправильных показаний прибора или ошибок, допущенных при градуировании радиометров и т.д. Примером таких ошибок являются ошибки, возникающие при измерениях неправильно проградуированным прибором или при пользовании загрязненным или разубоженным эталоном (*разубоживание* – снижение содержания радиоактивных элементов в эталоне за счет смешения с

пустой породой). Систематические ошибки необходимо выявить. Причины их возникновения должны быть устраниены.

Существует несколько способов выявления систематических ошибок путем анализа результатов основных и повторных измерений (число повторных измерений обычно составляет 5–10 % от общего числа наблюдений).

1. Корреляционный способ. Сущность этого способа сводится к сравнению результатов основных и контрольных измерений. Для этого на координатную сетку (рис. 10) наносятся результаты основных x_o и контрольного x_k измерений. Через совокупность точек проводится линия AB так, чтобы точки располагались симметрично относительно этой линии. Если линия AB проходит через начало координат под углом 45^0 , систематическая ошибка отсутствует. Другие случаи будут свидетельствовать о ее наличии.

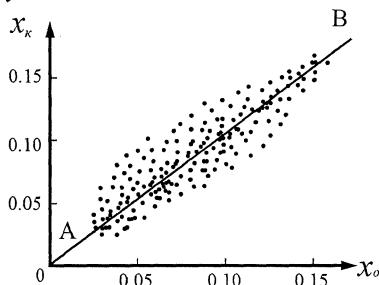


Рис. 10. Корреляционный способ выявления систематической ошибки измерений

2. Способ вариационной кривой. В этом способе расхождения между первичным и повторным наблюдениями принимают за величину ошибки каждого измерения. Затем подсчитывают количество случаев, когда ошибка лежит в определенном интервале, и определяют процент случаев от общего числа повторных наблюдений:

$$n = \frac{n_i}{N} * 100,$$

где n_i – число случаев в i -м интервале; N – число повторных наблюдений.

Результаты вычислений изображают графически в виде вариационной кривой (рис. 11).

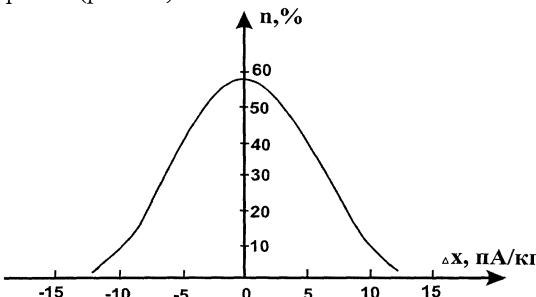


Рис. 11. Вариационная кривая ошибок измерения

При наличии систематических ошибок максимум кривой может сместиться с нуля. По величине смещения максимума можно определить величину систематической ошибки.

Случайные погрешности измерений по абсолютной величине невелики и связаны с различными факторами при производстве работы. По характеру распределения случайных ошибок удается объективно оценить качество проведенных измерений.

Оценка *случайных* погрешностей производится при обработке измерений. Математическая теория погрешностей опирается на следующие свойства случайных ошибок:

- появление ошибок со знаком «+» и со знаком «-» равновероятно;
- появление ошибок больших (по абсолютной величине) менее вероятно, чем появление малых ошибок;
- сумма всех ошибок (с учетом знака) при числе измерений $n \rightarrow \infty$ равна 0.

Случайные ошибки имеют нормальное распределение при $n \rightarrow \infty$ и графически выражаются колоколообразной кривой, характер которой оценивается либо дисперсией, либо средним квадратическим значением.

На рис. 12 показан характер распределения ошибок в виде вариационных кривых, построенных с различной степенью достоверности.

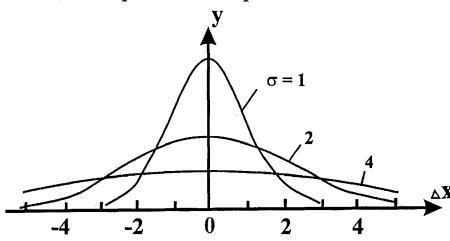


Рис. 12. Кривая нормального распределения случайных ошибок измерений

Как видно, распределение погрешностей симметрично относительно Δx по оси абсцисс с центром в точке 0, а качество измерений определяется величиной дисперсии σ : чем она меньше, тем качество измерений выше, т.к. наибольшая часть ошибок приходится на малые значения σ .

Для определения закона распределения параметра и степени надежности такого распределения пользуются понятием доверительного интервала от $x + \Delta x$ до $x - \Delta x$, в который попадает истинное значение величины x . Надежность такого определения (α) зависит от числа измерений n и от величины доверительного интервала (табл. 7).

Таблица 7

Связь надежности α с величиной доверительного интервала

Доверительный интервал	Надежность $\alpha, \%$
От $(\chi - \sigma)$ до $(\chi + \sigma)$	68,3
От $(\chi - 2\sigma)$ до $(\chi + 2\sigma)$	95,0
От $(\chi - 3\sigma)$ до $(\chi + 3\sigma)$	99,7

При обработке полевых материалов радиометрических методов доверительный интервал выбирается в пределах от $(\chi - 3\sigma)$ до $(\chi + 3\sigma)$.

Достоверность приведенных радиометрических съемок оценивают путем расчета средней квадратической погрешности съемки по результатам контрольных наблюдений:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i_1} - x_{i_2})^2}{2n - 1}}$$

где x_{i_1} , x_{i_2} – соответственно рядовое и контрольное измерение γ -поля; n – число контрольных измерений.

Точность съемки считается удовлетворительной, если $\sigma \leq P$, где P – точность используемого прибора.

Задание 1

По исходным данным радиометрических наблюдений, оценить качество проведенных замеров, выявить и исключить грубые ошибки, выявить и оценить систематическую погрешность.

Ход выполнения задания:

1. Из полевого журнала (таблица 10) выписать в табл. 8 результаты основных P_1 и контрольных P_2 измерений γ -поля.

Таблица 8

Результаты измерений γ -поля

№ замера	P_1 , пА/кг	P_2 , пА/кг	$\Delta = P_1 - P_2$, пА/кг	Δ^2 , пА/кг
				$\sum_{i=1}^n \Delta^2$

2. Вычислить расхождение значений γ -поля между основными P_1 и контрольными P_2 замерами с соответствующими знаками $\Delta = P_1 - P_2$.

3. По величине расхождения выявить наличие грубых ошибок и исключить их из дальнейшей обработки.

4. Оценить наличие систематической погрешности одним из описанных способов (корреляционный способ, способ вариационной кривой).

5. Заполнить табл. 9 и построить вариационную кривую случайных ошибок измерений.

Таблица 9

Распределение частоты расхождения между основными и контрольными измерениями для определенных интервалов группирования

Интервал группирования	Частота n_i	Частость $k_i = \frac{n_i * 100}{n}$, %

6. Вычислить среднюю квадратическую погрешность:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{2n - 1}}$$

7. Определить величину доверительного интервала.

8. Оценить качество выполненной γ -съемки.

Таблица 10

Исходные данные для расчета точности радиометрической съемки

№ п/п	P ₁	P ₂
1	10,5	12,0
2	11,8	12,8
3	13,5	12,6
4	12,8	12,0
5	11,7	11,0
6	11,8	11,4
7	14,0	12,5
8	12,3	13,4
9	12,0	11,75
10	10,8	13,5
11	12,1	12,5
12	12,5	12,5
13	10,7	11,75
14	14,2	14,0
15	11,5	14,5
16	11,3	10,5
17	12,0	11,5
18	10,5	12,0
19	12,2	11,25
20	11,5	12,2
21	10,3	13,5
22	11,3	10,2
23	12,0	13,0
24	12,5	12,0

№ п/п	P ₁	P ₂
51	10,4	11,7
52	11,0	10,5
53	12,2	9,75
54	10,8	11,25
55	13,3	12,5
56	11,0	12,5
57	12,5	14,5
58	11,2	10,0
59	10,0	11,5
60	10,2	8,75
61	9,8	10,25
62	10,3	10,25
63	9,5	8,75
64	11,0	9,8
65	10,5	11,25
66	9,5	10,0
67	12,0	11,25
68	13,0	12,0
69	9,5	10,0
70	11,0	9,5
71	9,5	10,5
72	9,8	9,25
73	9,5	8,75
74	10,2	12,0

Окончание таблицы 10

№ п/п	P ₁	P ₂
25	12,5	13,3
26	21,3	12,5
27	10,7	11,5
28	9,3	10,5
29	10,7	9,5
30	11,3	12,5
31	11,2	13,5
32	12,5	13,2
33	14,5	12,5
34	13,8	11,5
35	10,5	11,5
36	11,0	10,5
37	12,6	12,0
38	11,7	10,5
39	12,5	13,5
40	10,0	10,7
41	10,0	11,2
42	11,3	10,0
43	12,5	11,2
44	11,8	11,5
45	11,3	12,5
46	9,5	11,2
47	10,0	10,75
48	9,5	11,2
49	11,8	12,0
50	12,2	12,5

№ п/п	P ₁	P ₂
75	11,8	12,5
76	10,5	11,5
77	11,0	11,25
78	10,0	12,25
79	11,0	10,75
80	10,3	11,0
81	10,5	11,25
82	9,5	10,5
83	9,6	10,75
84	10,2	11,5
85	9,5	11,25
86	10,5	12,5
87	10,2	11,25
88	9,5	11,25
89	10,3	12,0
90	11,0	12,5
91	10,0	11,5
92	11,3	14,25
93	11,3	14,25
94	10,8	13,25
95	10,0	11,5
96	10,3	11,0
97	7,9	9,25
98	9,2	11,0
99	11,3	12,0
100	10,3	13,5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воскресенский, Ю.Н. Построение сейсмических изображений: учебное пособие для вузов / Ю.Н. Воскресенский. – М.: РГУ нефти и газа, 2006. –116 с.
2. Гладкий, К.В. Гравиразведка и магниторазведка / К.В. Гладкий. – М.: Недра, 1990. – 364 с.
3. Гравиразведка: Справочник геофизика/ Под ред. Е.А. Мудрецовой. – М.: Недра, 1981. – 348 с.
4. Гурвич, И.И. Сейсмическая разведка: учебник для ВУЗов / И.И. Гурвич, Г.Н. Боганик. – 3-е изд., перераб. – М.: Недра, 1980. 551 с.
5. Знаменский, В.В. Полевая геофизика / В.В. Знаменский. – М.: Недра, 1980. – 391 с.
6. Логачев, А.А. Магниторазведка / А.А. Логачев, В.П. Захаров – М.: Недра, 1973. – 294 с.
7. Магниторазведка: справочник геофизика / под ред. В.Е. Никитского, Ю.С. Глебовского. – М.: Недра, 1980. – 374 с.
8. Магниторазведка: справочник геофизика./ под. ред. В.Е Никитского, Ю.С. Глебовского. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 470 с.
9. Майер, В.А. Основы ядерной геофизики: учебное пособие / В.А. Майер, П.А. Ваганов. – Л.: Изд. Ленинградского университета, 1978. – 360 с.
10. Орлёнок, В.В. Основы геофизики: учебное пособие / В.В. Орлёнок. – Калининград, 2000. – 446 с.
11. Фоменко, Н.Е. Методические указания к практическим занятиям по курсам «Геофизика», «Полевая геофизика», «Экологическая геофизика» для студентов геолого-географического факультета / Н.Е. Фоменко. – Ростов-на-Дону, 2011. – 48 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Раздел 1. Магниторазведка	
Практическая работа № 1. Интерпретация данных магниторазведки.	
Решение прямой и обратной задачи.....	3
Раздел 2. Гравиразведка	
Практическая работа № 2. Интерпретация данных гравиразведки с помощью палетки Гамбурцева.....	13
Практическая работа № 3. Расчет нормального и аномальных значений силы тяжести в редукции Буге.....	15
Раздел 3. Электроразведка	
Практическая работа № 4. Изучение геологического разреза по данным симметричного электропрофилирования на двух разносах.....	17
Раздел 4. Сейсморазведка	
Практическая работа № 5. Интерпретация данных сейсморазведки....	21
Раздел 5. Ядерная геофизика	
Практическая работа № 6. Оценка качества радиометрической съемки.....	29
Библиографический список.....	35

Техн. редактор *A.B. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 26.11.2014. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,09. Тираж 30 экз. Заказ 807/656.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.