Обратная задача магниторазведки

Геологическая интерпретация геофизических данных – извлечение геологической информации из геофизических данных

Интерпретация магнитных аномалий подразделяется на:

- качественную
- количественную

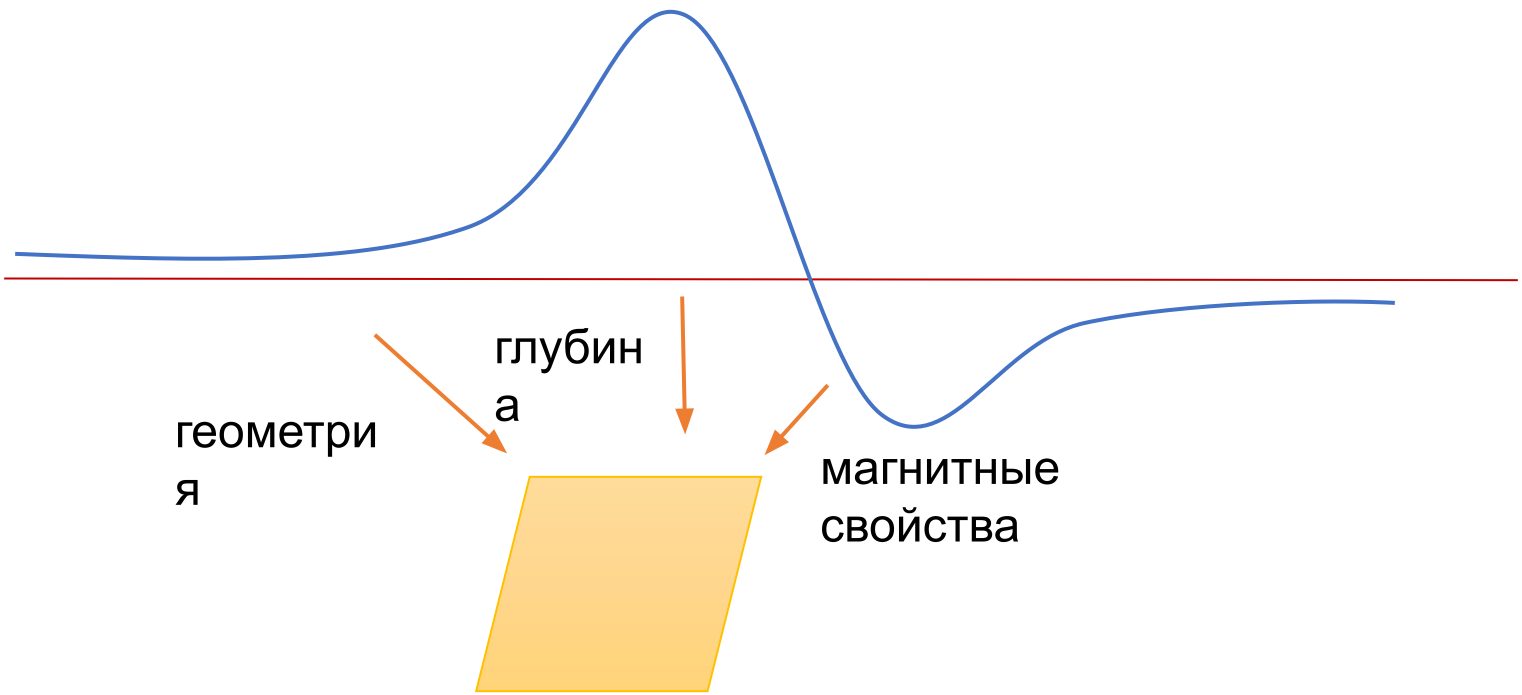
Условия, определяющие адекватное решение обратной задачи

1. В классе 2D-моделей решение выполняется по данным графика магнитной аномалии по профилю

2. Необходимо определение модели геологического объекта по форме наблюденного графика магнитного поля

3. Обратная задача решается для магнитного поля изолированного тела, с допущением однородной намагниченности объекта по всему объему

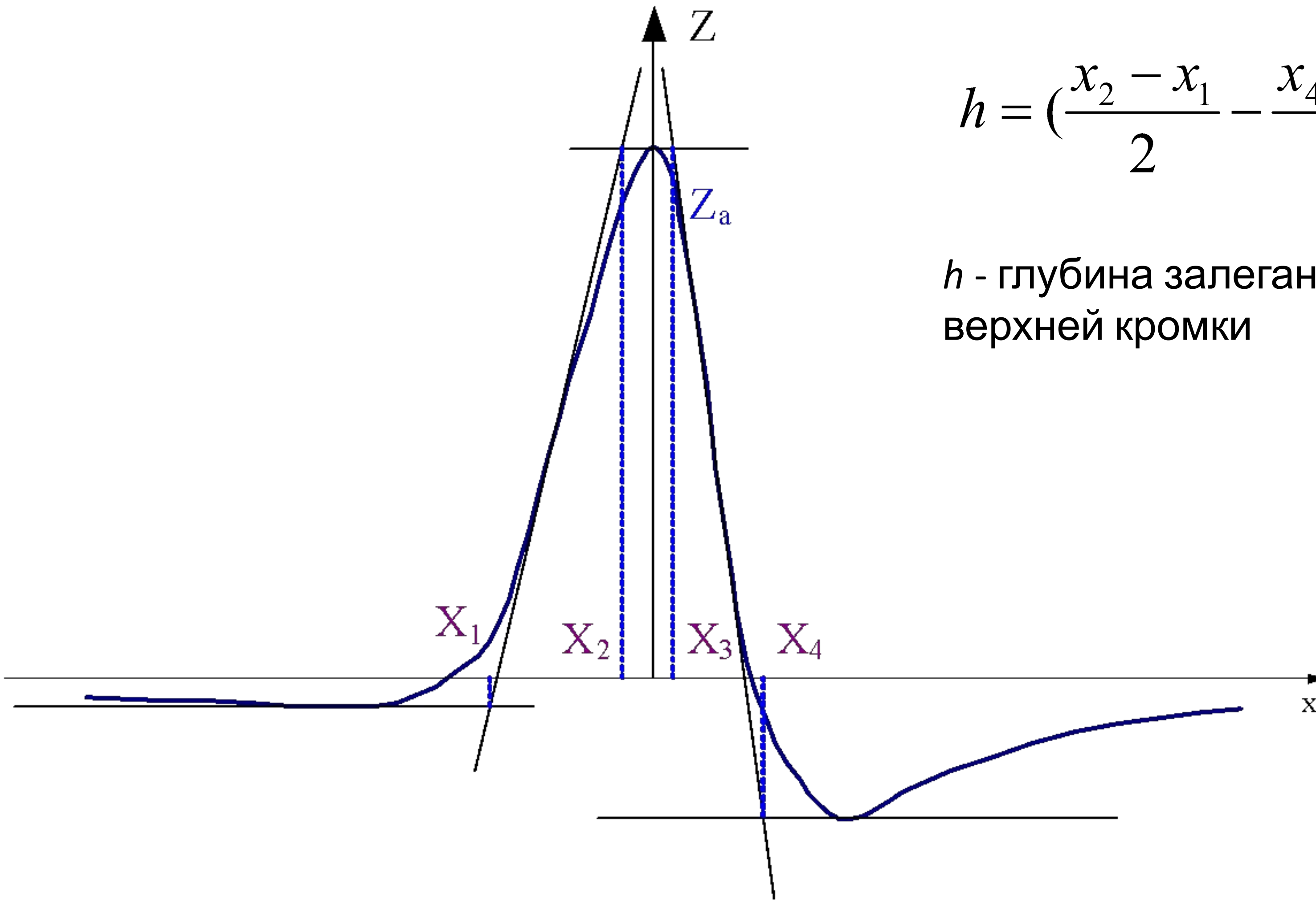
Обратная задача – это вычисление элементов залегания и физических свойств искомых геологических объектов по значениям наблюденного магнитного поля, удовлетворяющих имеющейся априорной информации



Методы решения обратной задачи

1. Метод характерных точек
   - метод касательных
   - метод «полумаксимума»
2. Дифференциальные
3. Интегральные
4. Векторные
5. Подбора

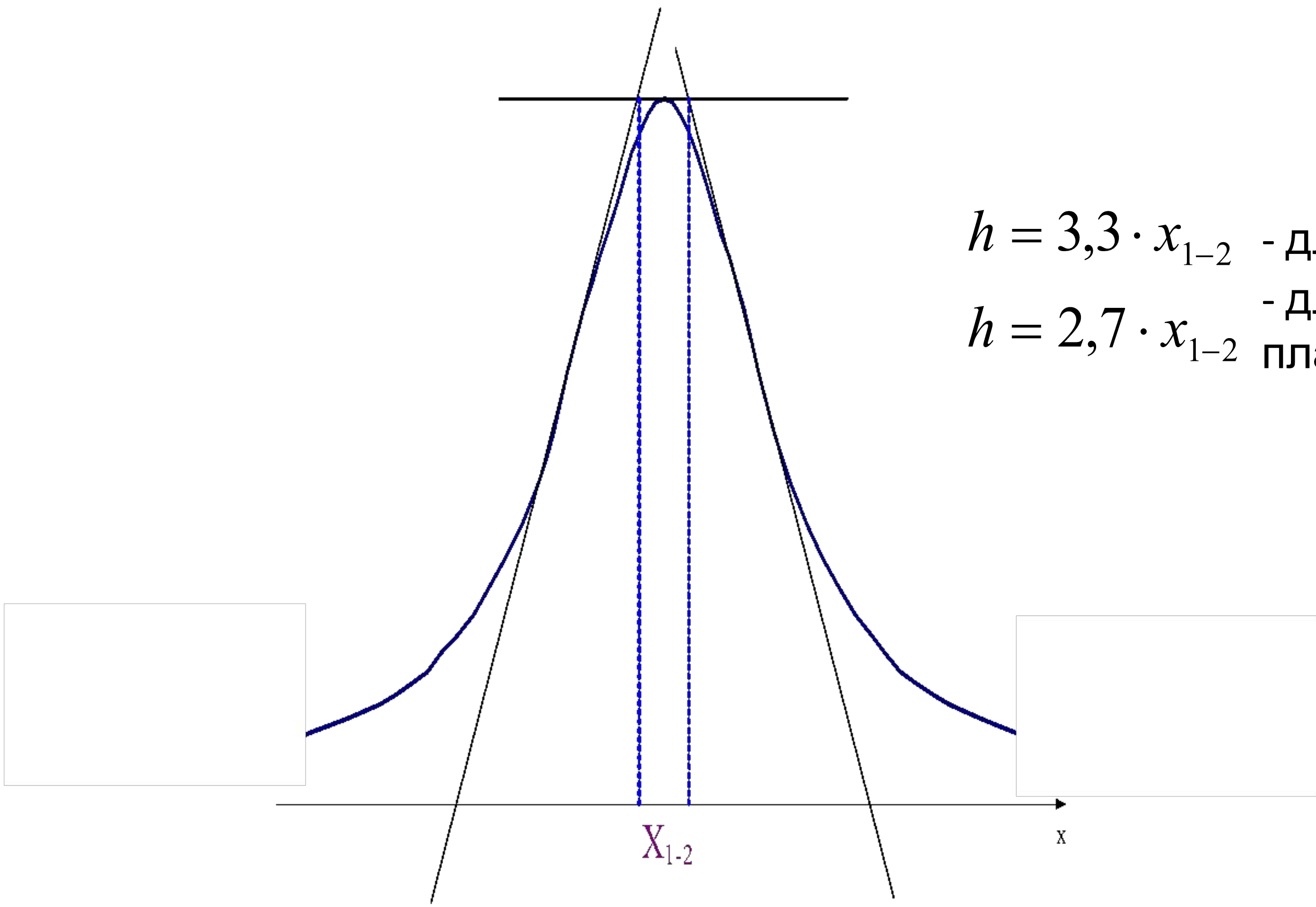
Метод характерных точек
метод касательных



$$h = \left(\frac{x_2 - x_1}{2} - \frac{x_4 - x_3}{2}\right)$$

h - глубина залегания до верхней кромки

Метод характерных точек
метод касательных

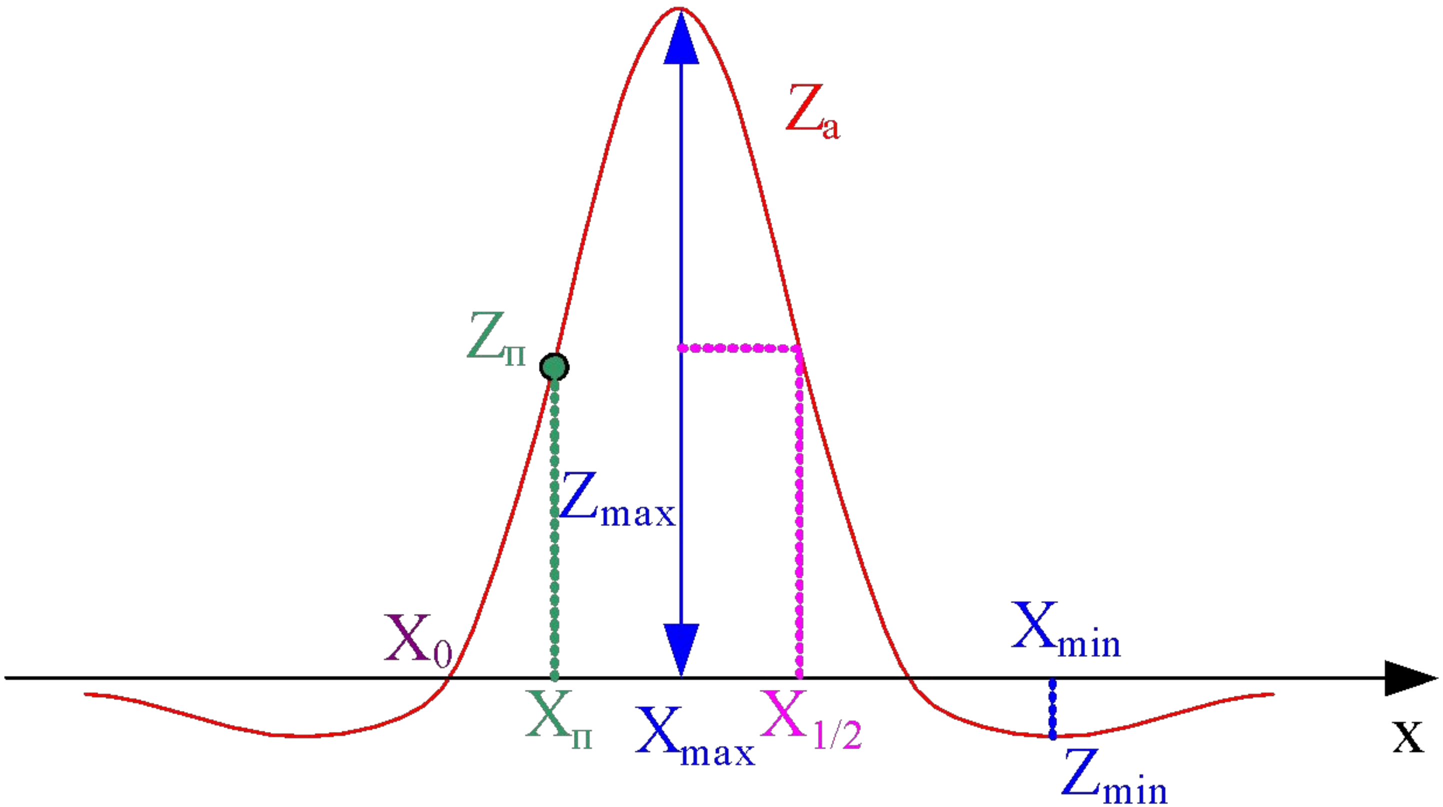


$h = 3{,}3 \cdot x_{1-2}$ - для штока

$h = 2{,}7 \cdot x_{1-2}$ - для тонкого пласта

Метод характерных точек

метод «полумаксимумов»



Метод характерных точек

метод «полумаксимумов»: обозначения

x_{max} расстояние по максимума
x_{min} профилю от начала минимума
x_{ext} координат до экстремума
$x_п$ перегиба
X_0 перехода через 0
$x_{1/2}$ полумаксимума
$x_{1/4}$ четверти максимума

$2x_{max}$ расстояние между максимумов
$2x_{min}$ соседними точками минимумов
$2x_{ext}$ экстремумов
$2x_0$ перехода через 0
$2x_{1/2}$ полумаксимумов
$2x_{1/4}$ полуминимумов

Метод характерных точек
метод «полумаксимумов»

1. Шар (диполь)

$$h = 0{,}5 \cdot x_{\min} \qquad h = 0{,}707 \cdot x_0 \qquad M = \frac{1}{2} \cdot \mathrm{Z}_{\max} \mathrm{h}^3$$

2. Горизонтальный цилиндр бесконечного простирания

$$h = x_0 \qquad h = 2x_{1/2} \qquad M = \frac{1}{2} \cdot \mathrm{Z}_{\max} \mathrm{h}^2$$

3. Вертикальный пласт бесконечной глубины

$$h = \frac{x_{1/4}^2 - x_{1/2}^2}{2x_{1/2}} \qquad b = \sqrt{x_{1/2}^2 - h^2} \qquad J = \frac{Z_{\max}}{4arctg\,\frac{b}{h}}$$

4. Вертикальный пласт ограниченной глубины

$$h = \frac{x_{\min}^2 - x_0^2}{2x_0} \qquad l = \sqrt{x_0^2 - h^2} \qquad M = \frac{1}{2} \cdot \mathrm{Z}_{\max} \cdot (\mathrm{h}^2 - l^2)$$

Метод характерных точек
метод «полумаксимумов»

5. Горизонтальный пласт небольшой горизонтальной мощности

$$h = \frac{x_{min}^2 - x_0^2}{2x_0} \quad b = \sqrt{x_0^2 - h^2} \qquad M = \frac{1}{2} Z_{max}(h^2 + b^2)$$

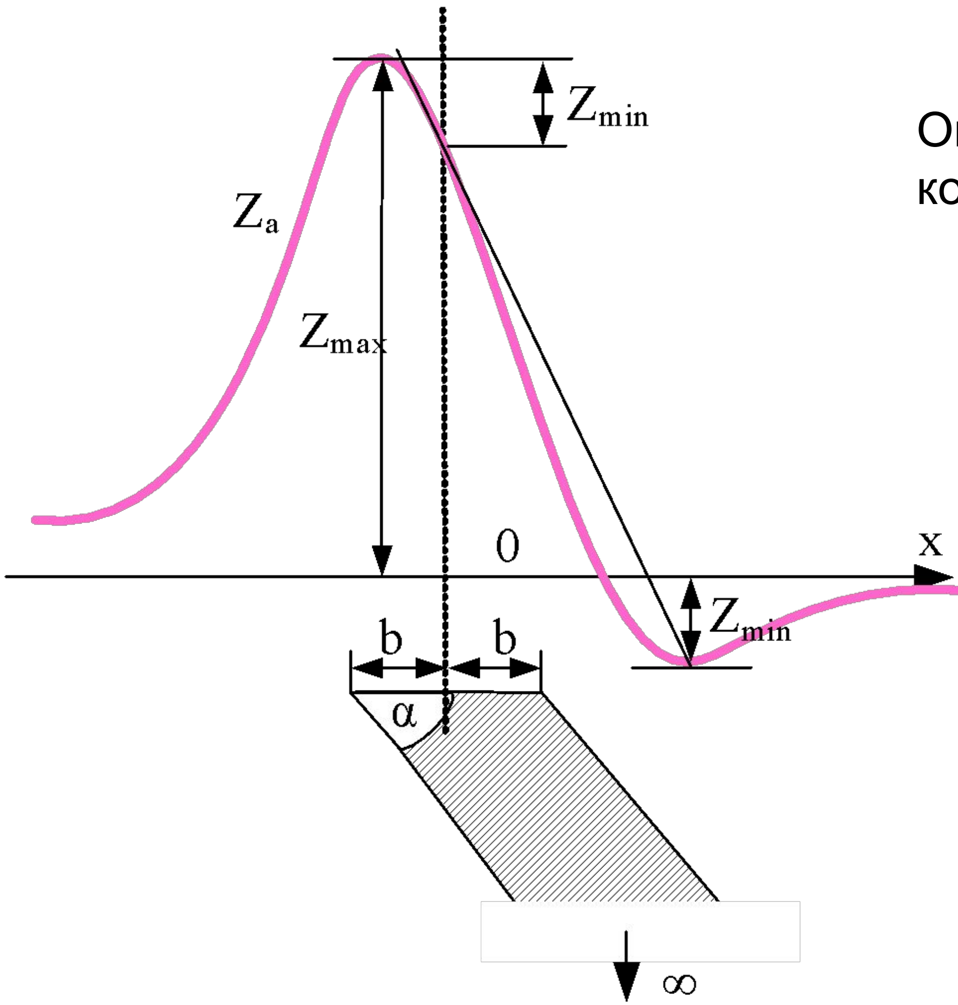
6. Горизонтальный пласт небольшой горизонтальной мощности

$$h = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{x_{min}^2 - x_{max}^2}{\sqrt{x_{min}^2 + x_{max}^2}}$$

$$b = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{\frac{4\left(x_{min}^2 + x_{max}^2\right) - \left(x_{min}^2 - x_{max}^2\right)}{x_{min}^2 + x_{max}^2}}$$

Метод характерных точек

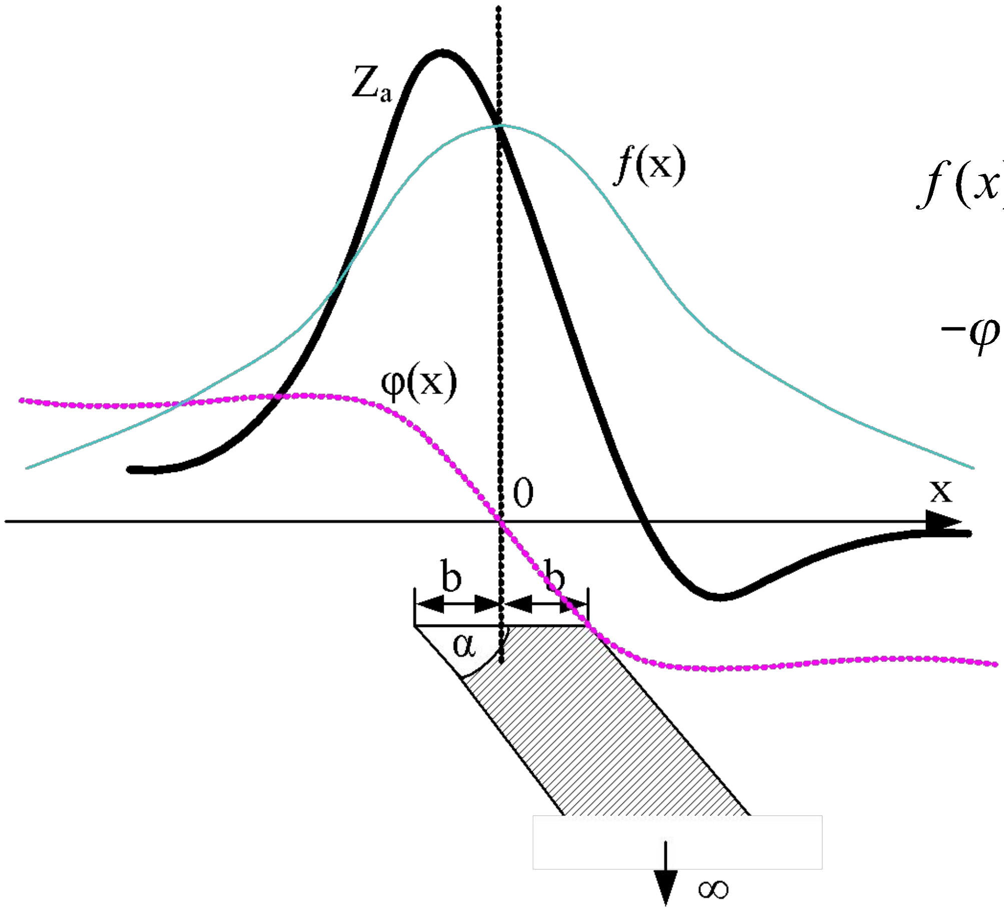
для наклонного мощного пласта с вертикальной намагниченностью



Определение начала координат:

$$Z(0) = |Z_{\max}| - |Z_{\min}|$$

Метод характерных точек
для наклонного мощного пласта с вертикальной намагниченностью



$$f(x) = f(-x) = \frac{Za(x) + Za(-x)}{2};$$

$$-\varphi(x) = \varphi(-x) = \frac{Za(x) - Za(-x)}{2}$$

Метод характерных точек
для наклонного мощного пласта с вертикальной намагниченностью

$$h = \frac{x_{1/4}^2 - x_{1/2}^2}{2x_{1/2}};$$

$$b = \sqrt{x_{1/2}^2 - h^2}$$

Вычисляется по четной функции

Вычисляется угол падения по полученным данным

$$\frac{f(x)}{\varphi(x)} = 2tg\alpha \frac{arctg \dfrac{2bh}{x^2 - b^2 + h^2}}{\ln \dfrac{(x+b)^2 + h^2}{(x-b)^2 + h^2}}$$

$$h = \frac{1}{2}(x_1 - x_3)\sin\alpha \ ;$$

$$h = \frac{1}{2}(x_2 - x_4)\sin\alpha \ ;$$

$$h = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)tg\alpha$$

$$J = \frac{Za(0)}{2arctg \dfrac{2bh}{h^2 - b^2}} \cdot \frac{1}{\sin^2\alpha}$$

$$J = \frac{f(x)_{\max}}{4arctg \dfrac{b}{h}}$$

$$\frac{x_1 + x_2}{2(x_1 - x_3)} = \cos\alpha$$

или

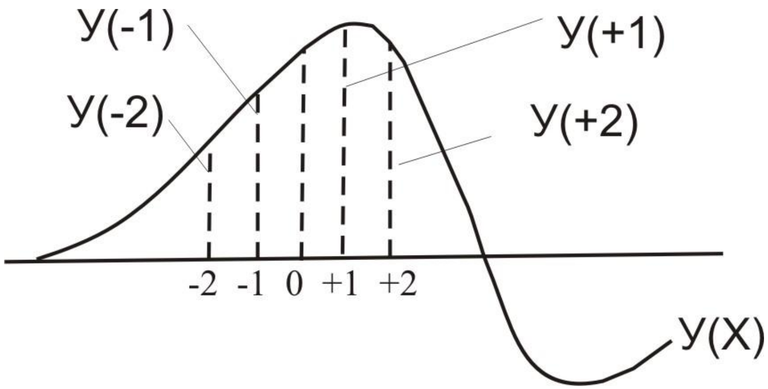
$$\cos\alpha = \frac{x_1 + x_2}{2(x_2 - x_4)}$$

$$b = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(x_2 - x_1)^2}{4} - h^2 \csc^2\alpha}$$

Дифференцияальные методы

метод Яроша для тонкого вертикального пласта

Вычисление производных по формуле Стирлинга и А.К. Маловичко:



$$h = \sqrt{x^2 - 2x\frac{Z}{Z^/}}$$

$$y^1 = \frac{1}{2\Delta x}\left[y_{+1} - y_{-1}\right]$$

$$y^/ = \frac{1}{\Delta x}\left[\frac{1}{2}\left(y_{-1} - y_{+1}\right) - \frac{1}{12}\left(2y_{+1} - 2y_{-1} - y_{+2} + y_{-2} + ...\right)\right]$$

Интегральные методы

Двухмерные объекты – достаточно провести расчеты по одному профилю пересекающему тело

- бесконечной глубины
- ограниченной глубины

Трехмерные объекты – расчеты необходимо проводить по плану изолиний

Интегральные методы

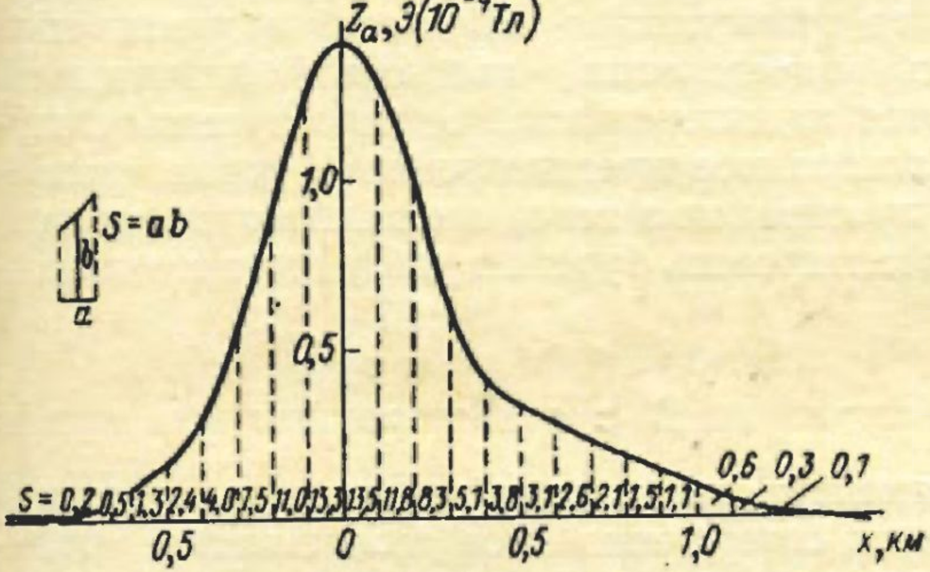
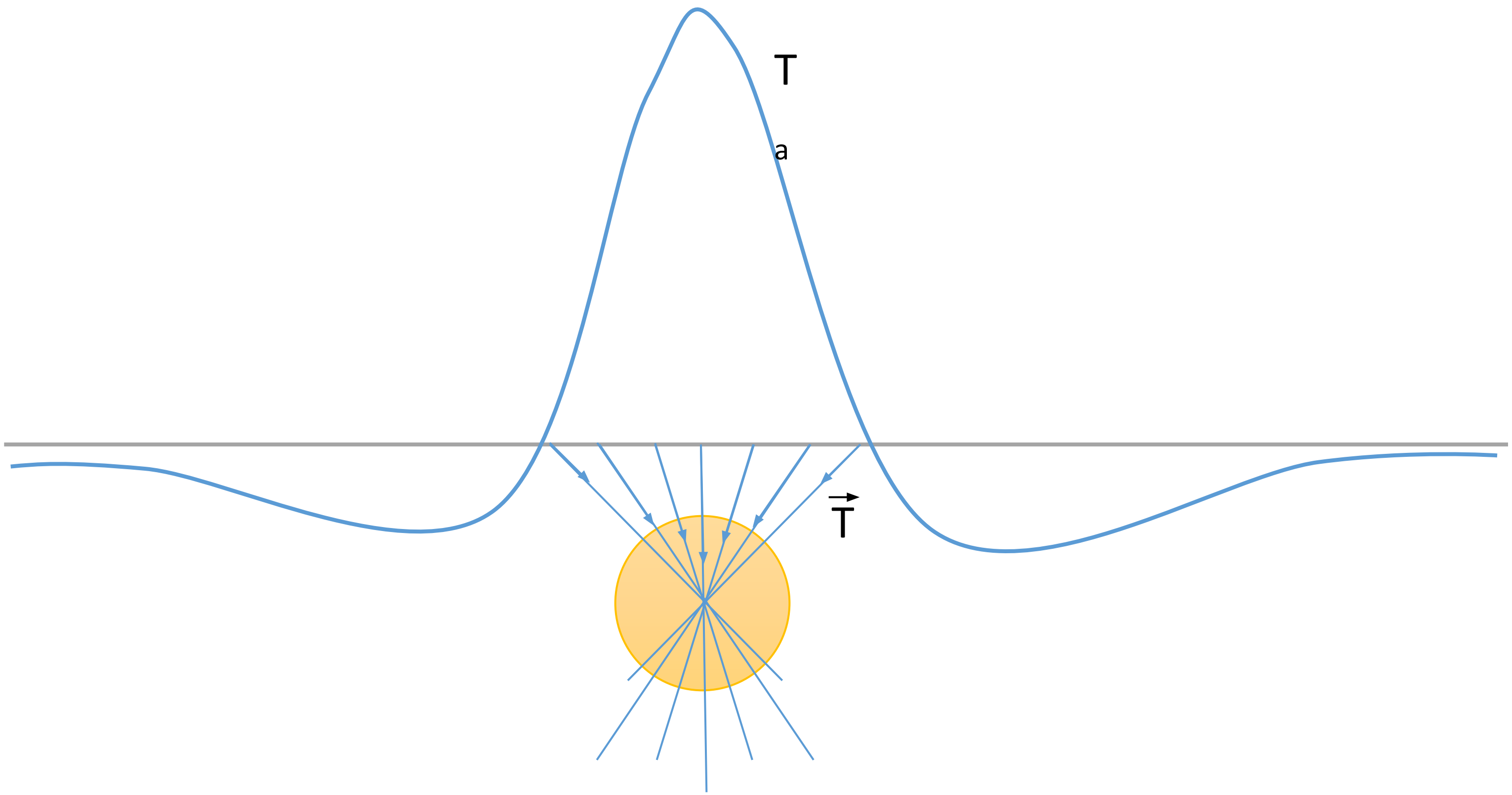


Рис. 97. Вычисление мощности пласта по площади Q, ограниченной кривой Z_a и осью Ox.

$Q = \Sigma S = 945$ Э·м; $2b \frac{Q}{2\pi J} = \frac{945}{6{,}28 \cdot 0{,}45} = 335$ м.

$$2b = \frac{S}{2\pi J}$$

Векторные методы



Метод подбора

Метод подбора – это подбор формы и физических свойств возмущающего объекта (объектов) путем многократного решения прямой задачи магниторазведки для выбранного класса моделей

Корректность задачи предполагает:

- существование решения
- единственность решения
- устойчивость решения

Метод подбора
корректность задачи по Тихонову

Согласно А.Н. Тихонову, задача считается корректной, если:

1) априори известно, что ее решение существует для некоторого класса моделей
2) решение единственно в некотором классе данных
3) бесконечно малым вариациям данных задачи, не выводящим решение за пределы множества корректности соответствуют бесконечно малые вариации решения

Метод подбора
классификация моделей

1. Адекватные – модельное поле с высокой точностью соответствует наблюденному полю, распределение физических свойств в изучаемом объеме среды с высокой точностью соответствует априорным данным
2. Эквивалентные – модельное поле с высокой точностью соответствует наблюденному полю, распределение физических свойств в изучаемом объеме среды заведомо не обеспечивает нужной точности аппроксимации
3. Смешанные – смешанная модель обеспечивает требуемую близость наблюденного и модельного полей и аппроксимацию распределения физических свойств части объема геологической среды, позволяющую решить целевую задачу интерпретации.

Метод подбора
среднеквадратичная погрешность подбора

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(Z_{набл} - Z_m \right)^2}{n}}$$

где n – количество пунктов наблюдения, $Z_{набл\ i}$ – наблюденное поле в i-ой точке, $Z_{м\ i}$ – модельное поле в i-ой точке

Точность подбора не должна быть меньше точности съемки!
Высокая точность – $\varepsilon < 5$ нТл
Средняя точность – $\varepsilon = (5\text{-}15)$ нТл