



# **МАГНИТОРАЗВЕДКА**

## **Глава 4**

### **«Прямые задачи магниторастведки»**

*Ver 1.2.*

Новиков К.В. 2011 – 2017 г.

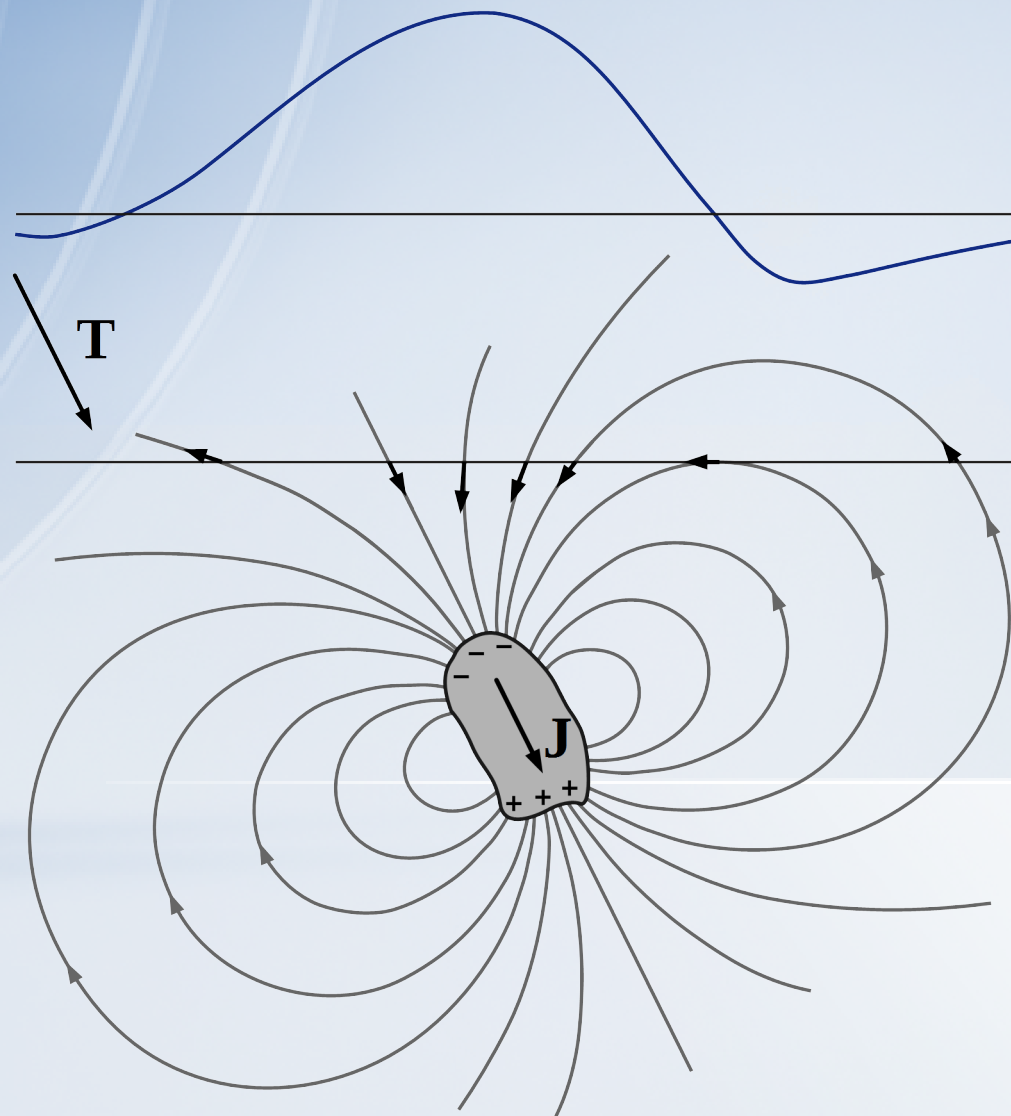
**Прямая задача** магниторазведки заключается в нахождении аномального магнитного поля от объекта с известными геометрическими и петрофизическими характеристиками.

**Обратная задача** магниторазведки заключается в нахождении по известным значениям магнитного поля параметров его источника.



# 4.1. Качественная оценка формы аномалий

---



## ***4.1.1. Упрощение моделей***

---

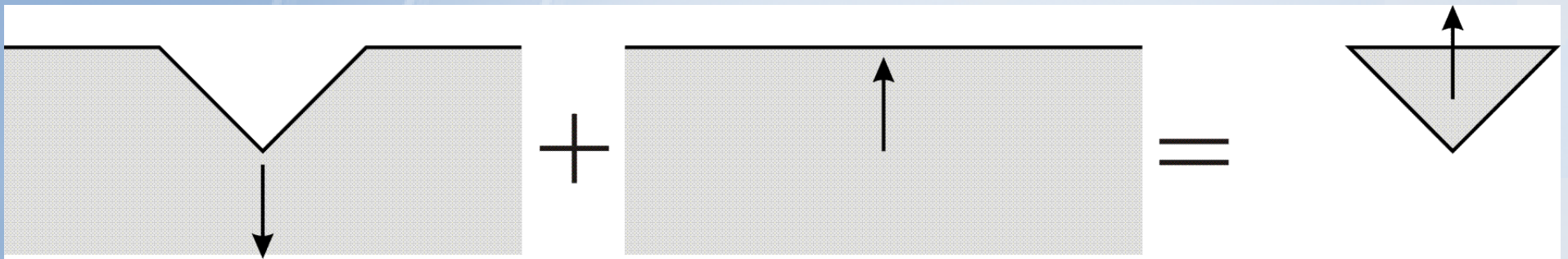
### ***Виды упрощений***

- Декомпозиция**
- Замена исходной модели эквивалентной**
- Применение теоремы вращения**
- Переход к эквивалентному распределению магнитных масс**

# Декомпозиция

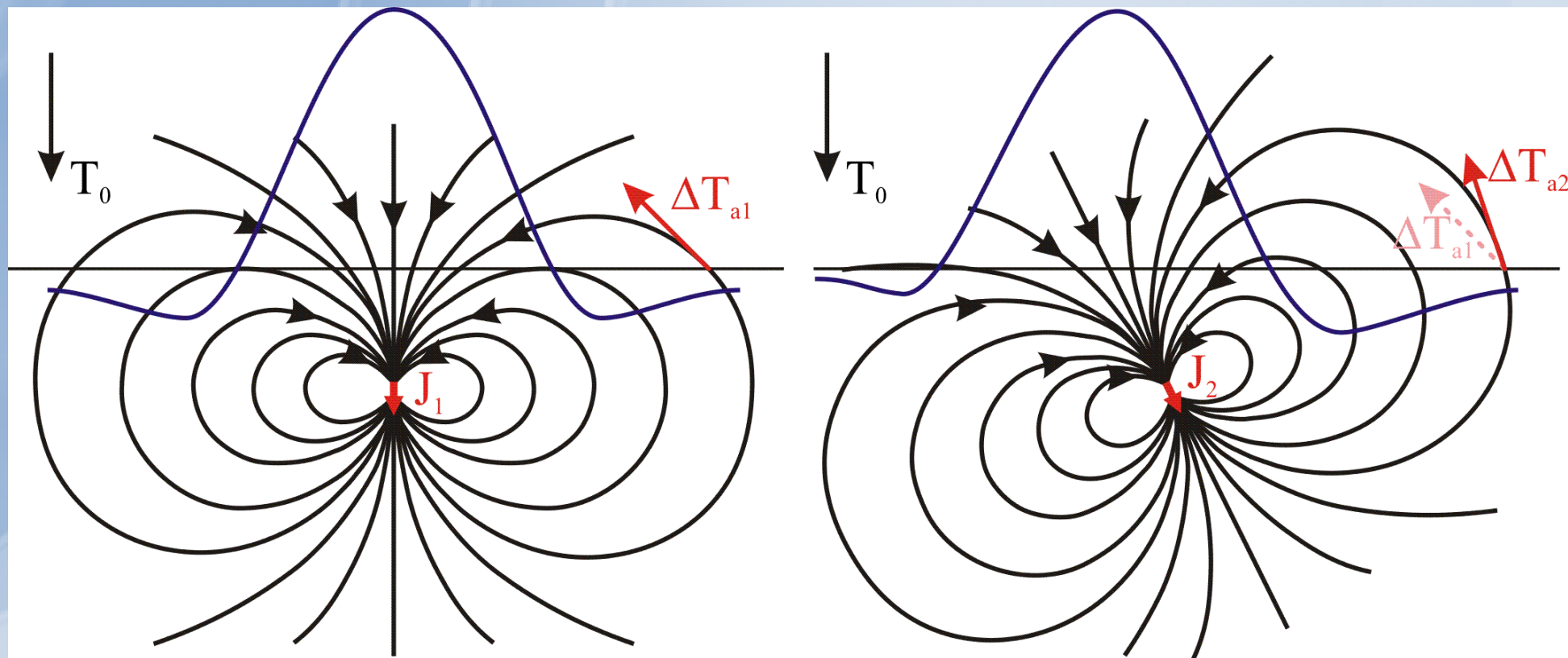
Для магнитных моделей различают *декомпозицию формы* и *декомпозицию намагниченности*. При декомпозиции формы сложный по форме объект разбивается на несколько более простых тел, аномалии от которых суммируются. При декомпозиции намагниченности разложение векторов на компоненты производится таким образом, чтобы форму аномалии можно было легко определить

# Замена исходной модели эквивалентной



В основе данного упрощения лежит утверждение, что форма графика не изменяется, если к нему добавить константу.

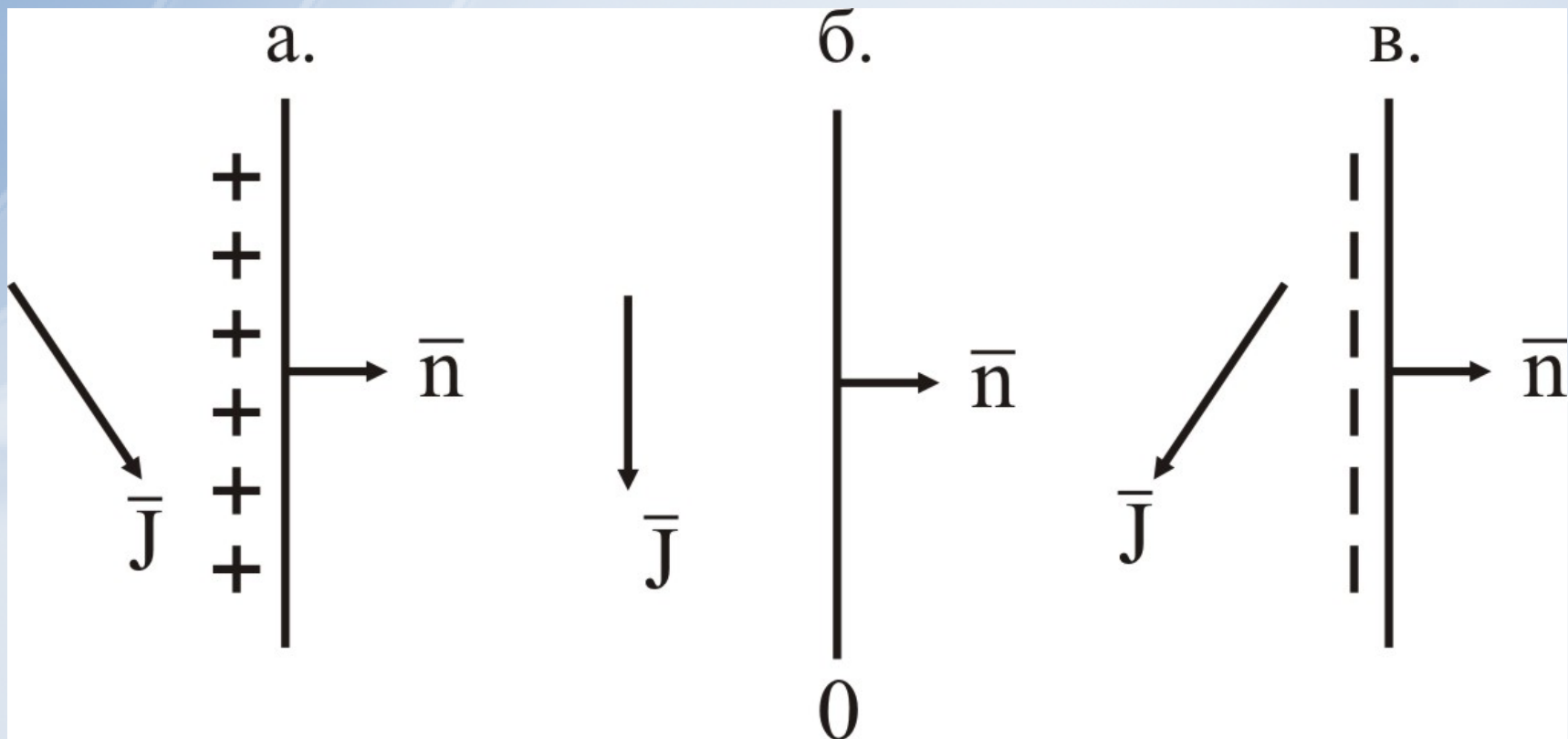
# Теорема вращения



Теорема вращения для магнитного поля гласит: если во всех точках двумерной модели  $S$  повернуть вектор намагниченности на один и тот же угол  $\varphi$ , не меняя его модуля, то в произвольной внешней точке вектор аномального поля, также, не меняя своего модуля, развернется на такой же угол, но в противоположном направлении

# Переход к эквивалентному распределению магнитных масс

Магнитная аномалия однородно намагниченного тела совпадает с магнитной аномалией простого слоя фиктивных магнитных масс, распределенных по поверхности этого тела, причем плотность этих масс в каждой точке поверхности равна проекции вектора намагничивания на внешнюю нормаль в данной точке.





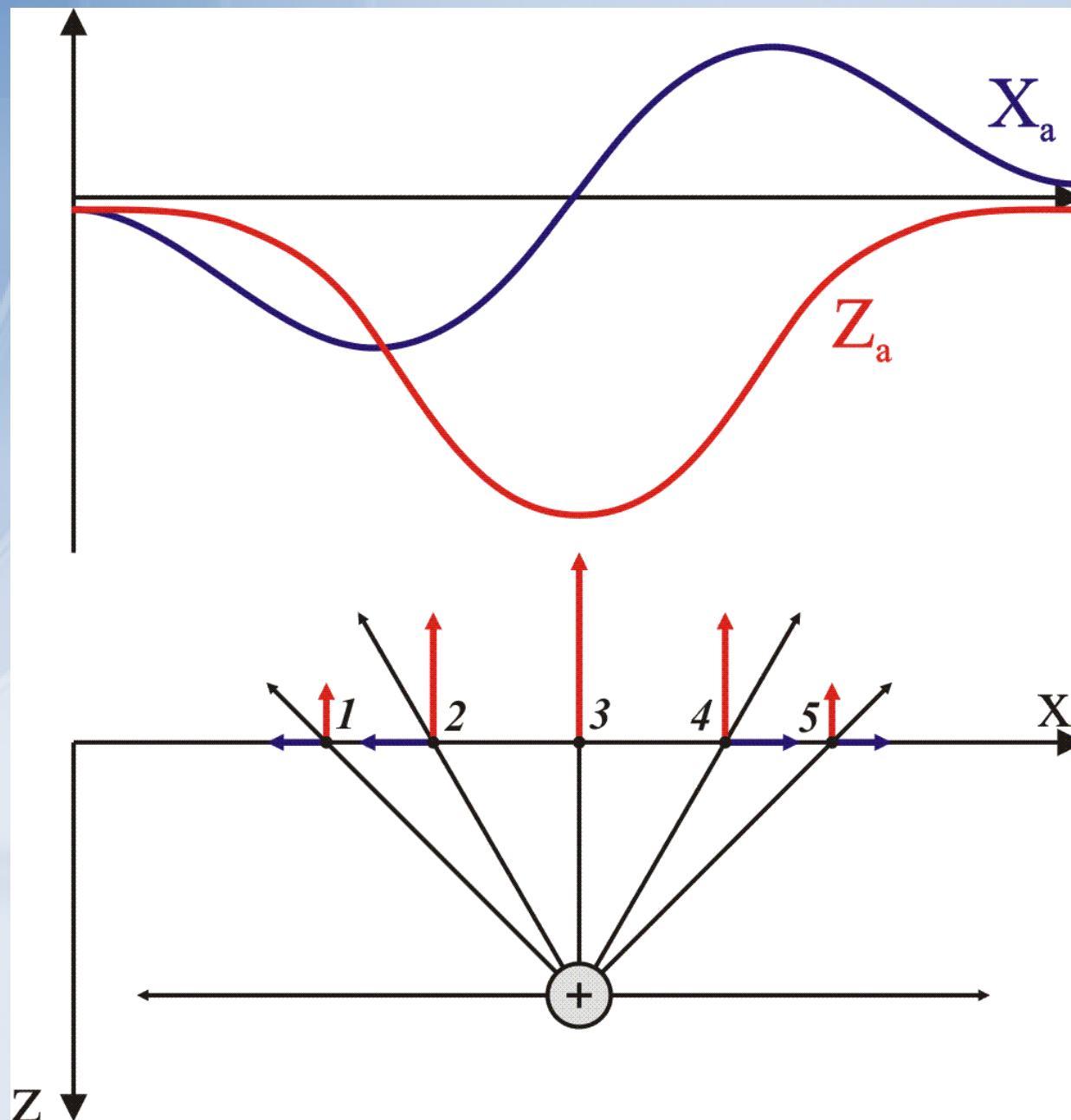
## 4.1.2. Метод силовых линий

---

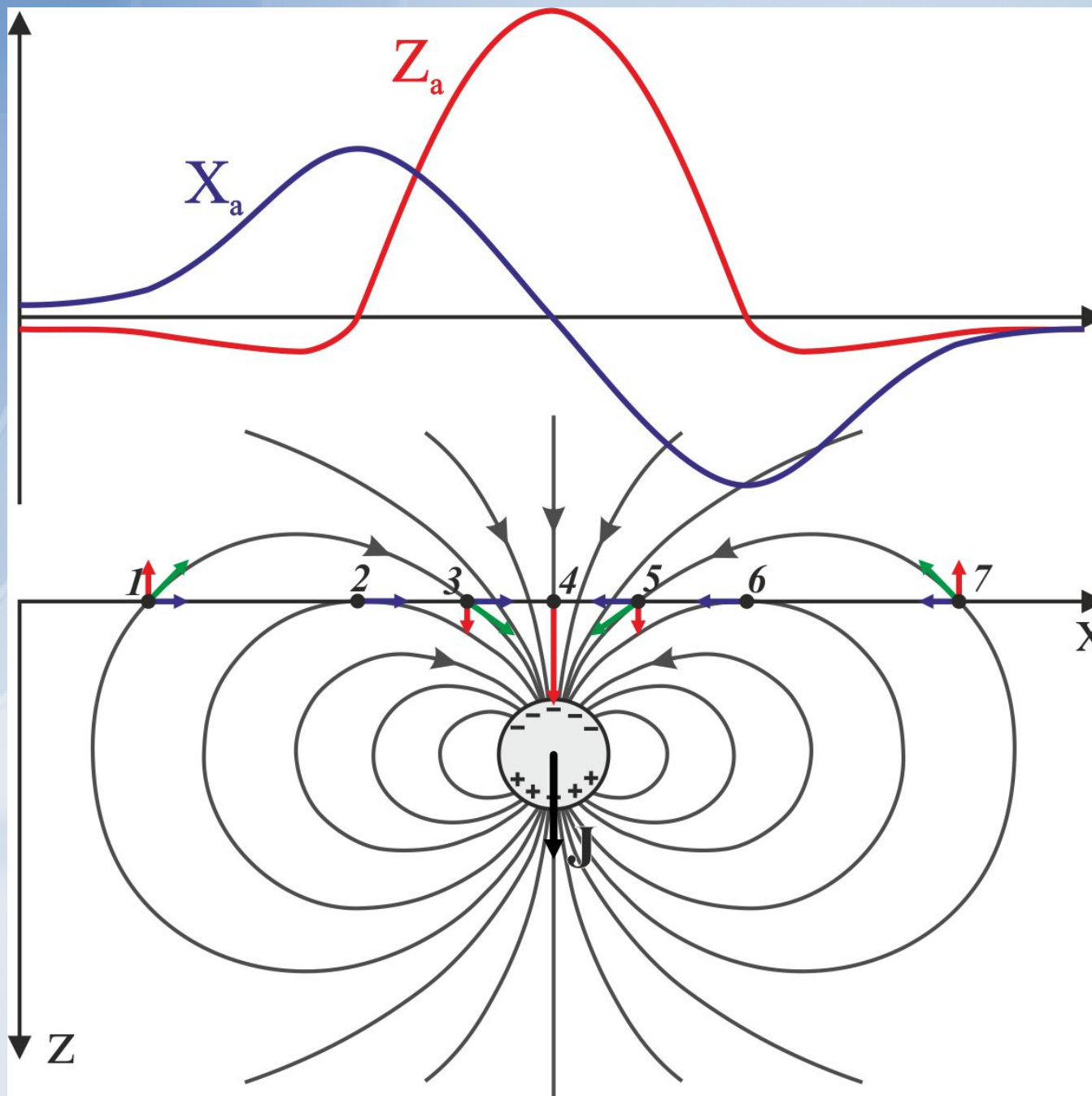
При анализе формы графиков  $Z_a$  и  $X_a$  с помощью силовых линий порядок действия должен быть следующий [Блох, 1995, 2009; Lowrie, 2007]:

1. упрощение модели (если необходимо);
2. построение силовых линий (от фиктивных масс и вертикальной плоскости);
3. построение линий профиля;
4. построение касательных в точках пересечения с линией профиля (векторов аномального поля);
5. разложение векторов на вертикальные и горизонтальные компоненты, оценка величины и знака компонент;
6. построение графиков  $Z_a$  и  $X_a$ .

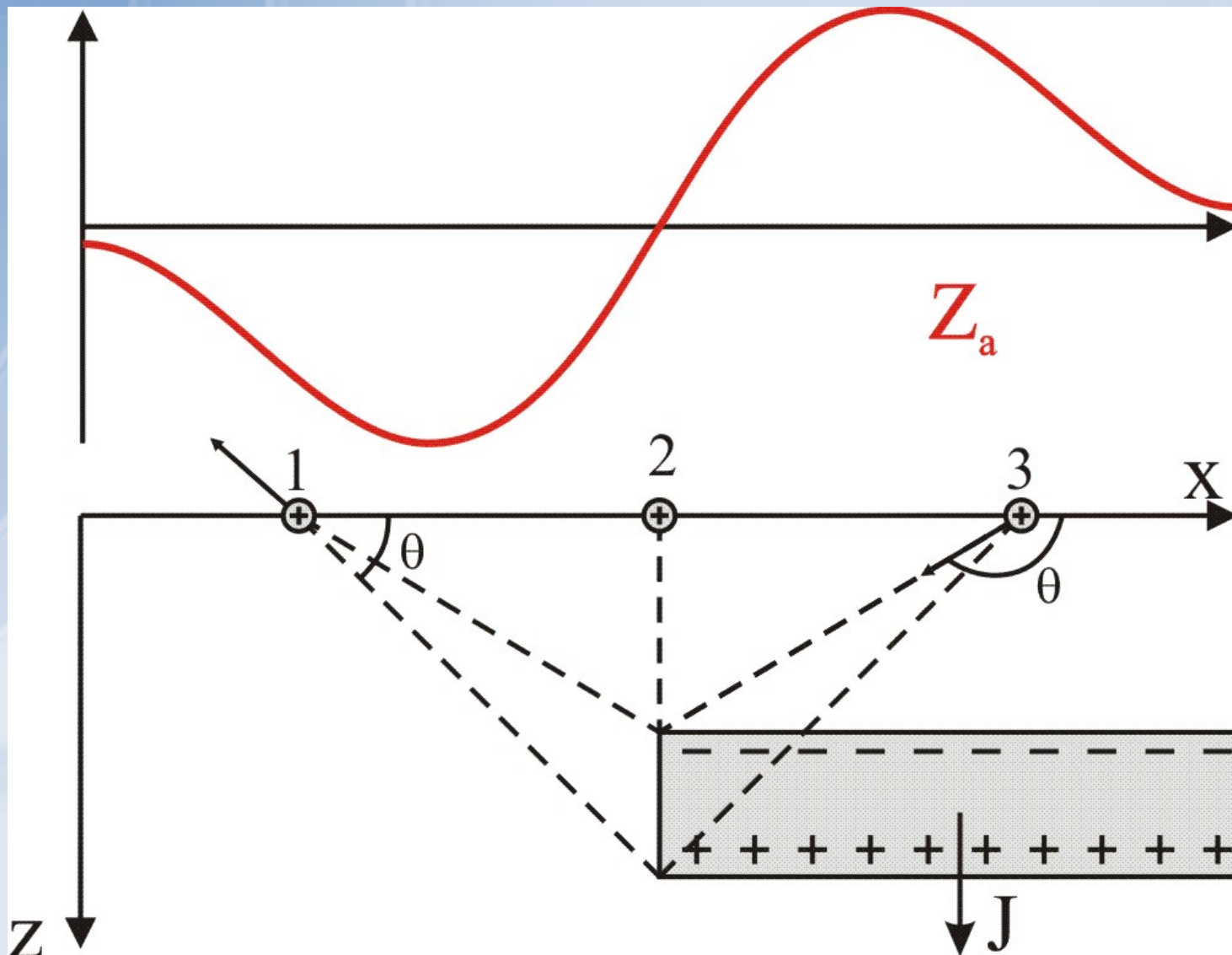
# Метод силовых линий: линейный положительный заряд



# Метод силовых линий: поле диполя

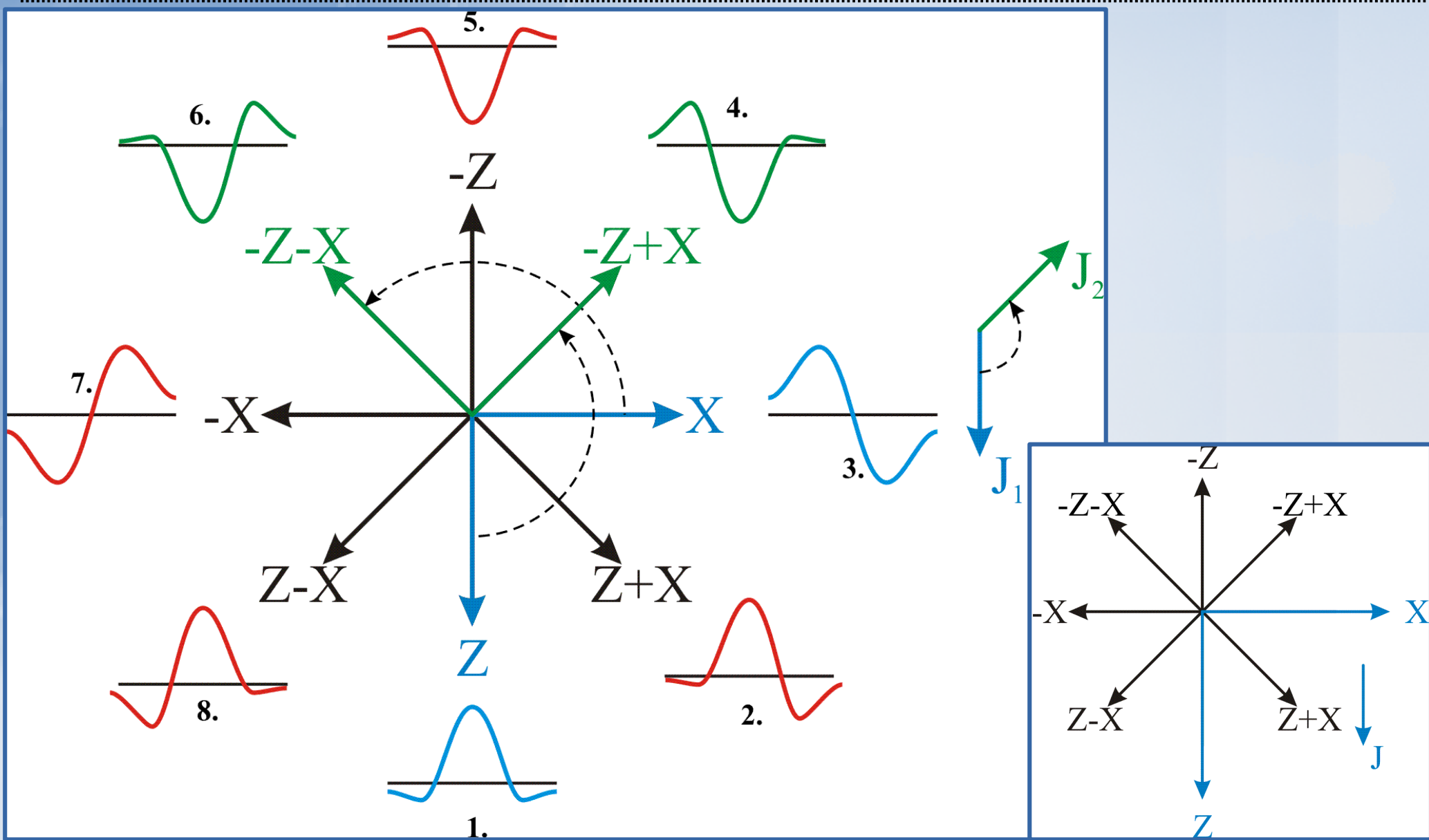


## 4.1.2. Метод поточечного анализа

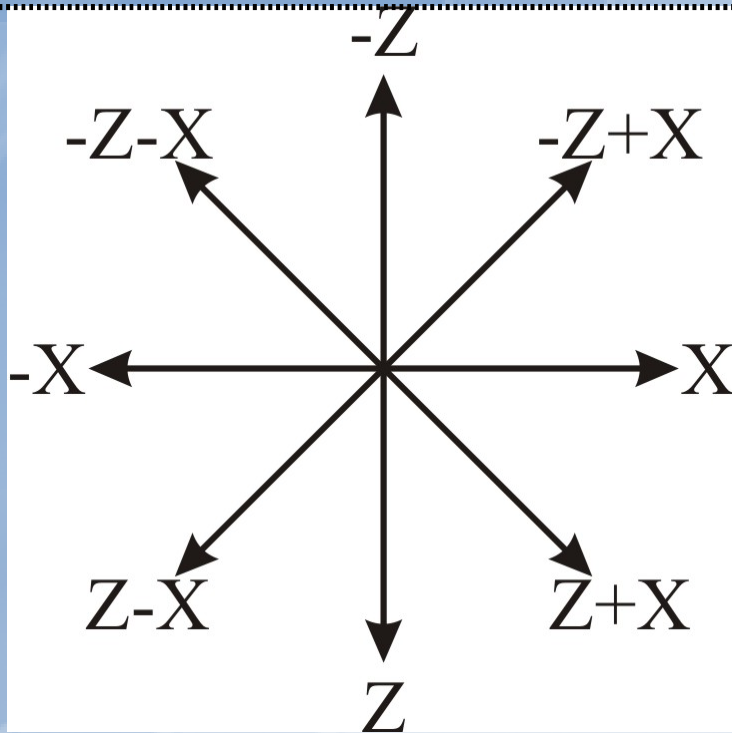


**Ограничение:** используется только для анализа компоненты поля перпендикулярной простому слою.

# 4.1.3. Применение теоремы вращения для определения формы аномалий Z и X для косо намагниченных тел



## 4.1.4. Оценка формы графика $T_a$



$$\Delta T_a = \frac{X_0 \Delta X_a + Y_0 \Delta Y_a + Z_0 \Delta Z_a}{\sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2}}$$

Южный полюс	Южные широты	Экватор	Северные широты	Северный полюс

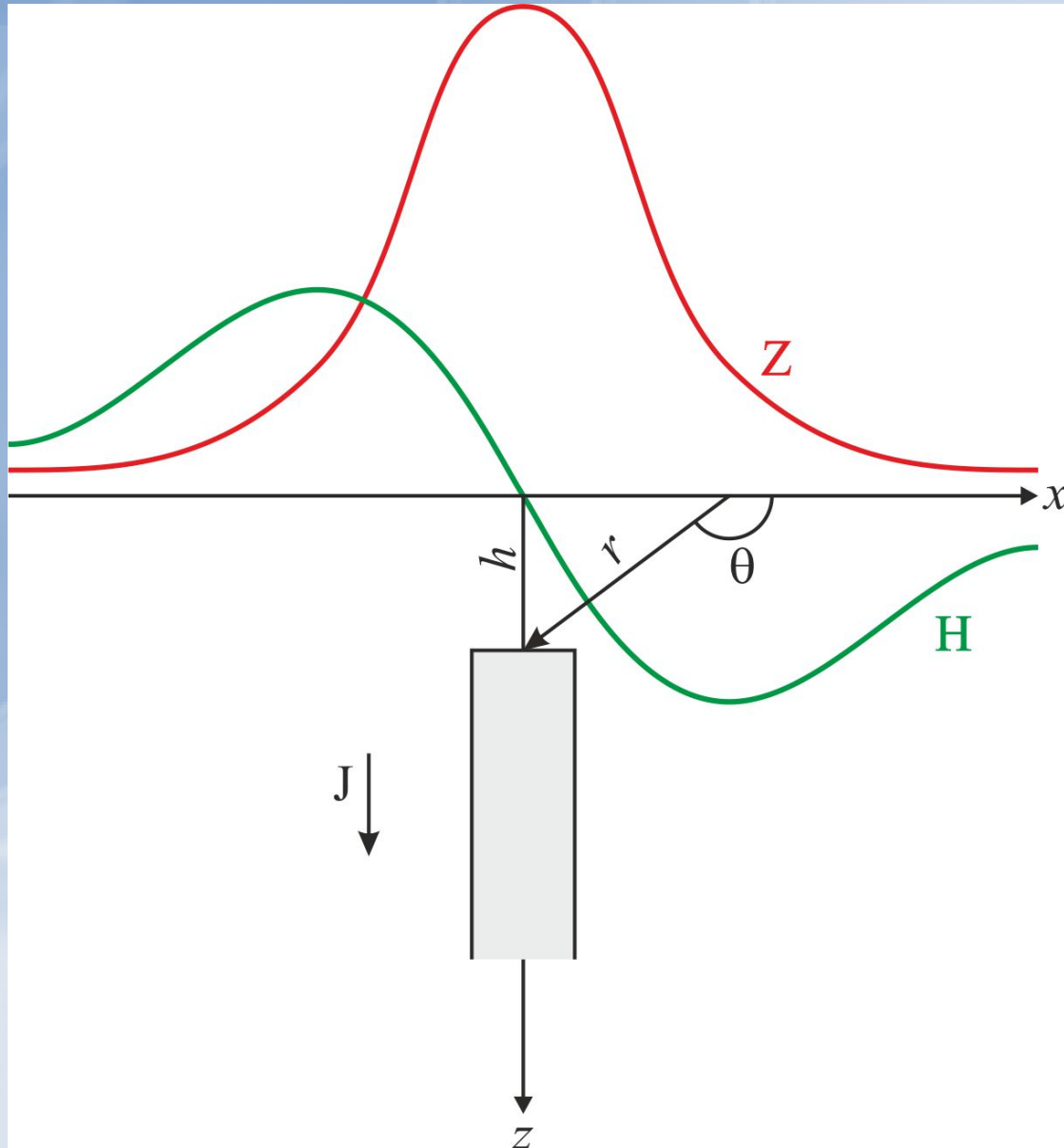
## 4.2. Решение прямых задач для тел простой формы

---

$$\vec{\mathbf{F}}_{12} = \nu \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \frac{\vec{\mathbf{L}}_{12}}{L_{12}^3}$$

$\mathbf{L}_{12}$  – радиус-вектор, направленный из точки "1" в точку "2";  $L_{12}$  – модуль этого вектора (равный расстоянию между точками "1" и "2"),  $\nu$  – коэффициент, зависящий от физической природы масс и применяемой системы физических единиц.

# Поле бесконечного на глубину вертикально намагниченного стержня

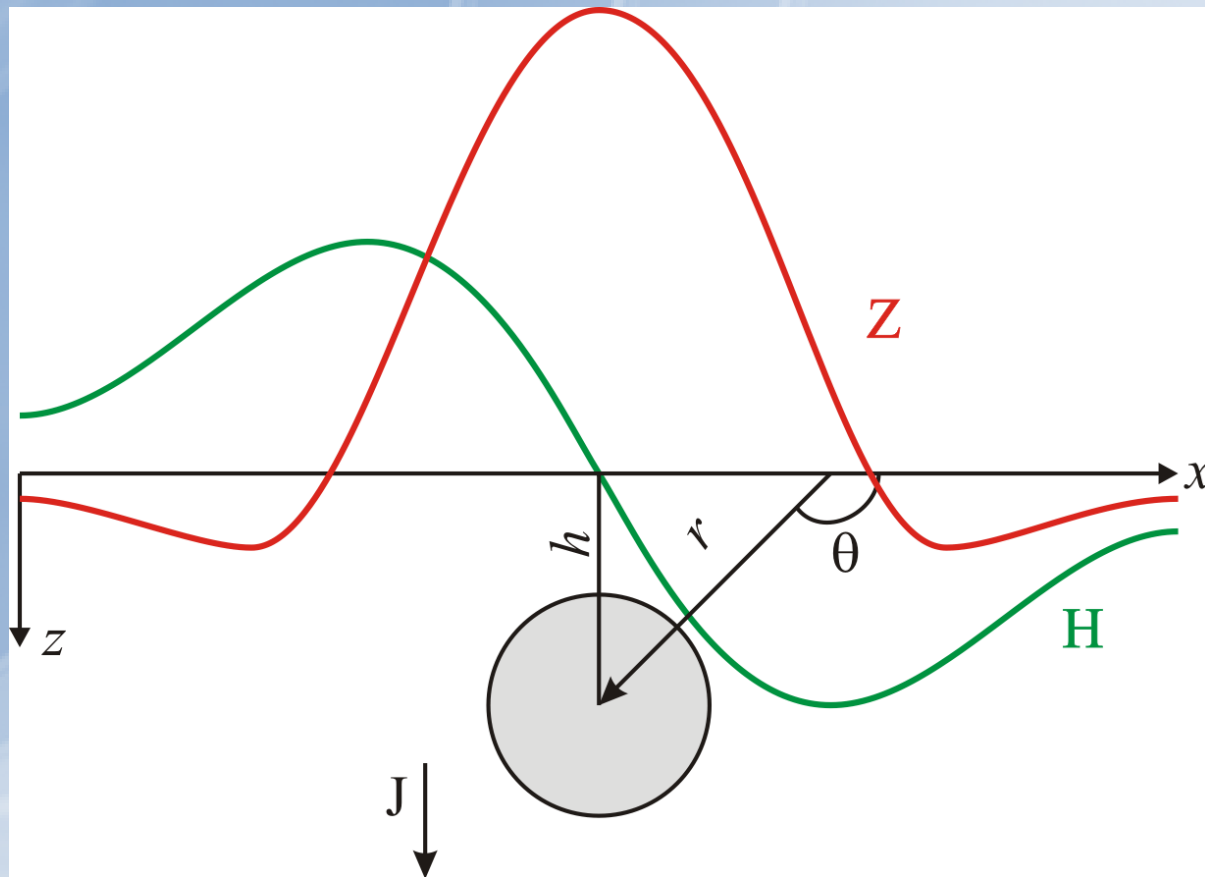


$$B_z = \frac{\mu_0 m h}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$B_x = -\frac{\mu_0 m x}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$



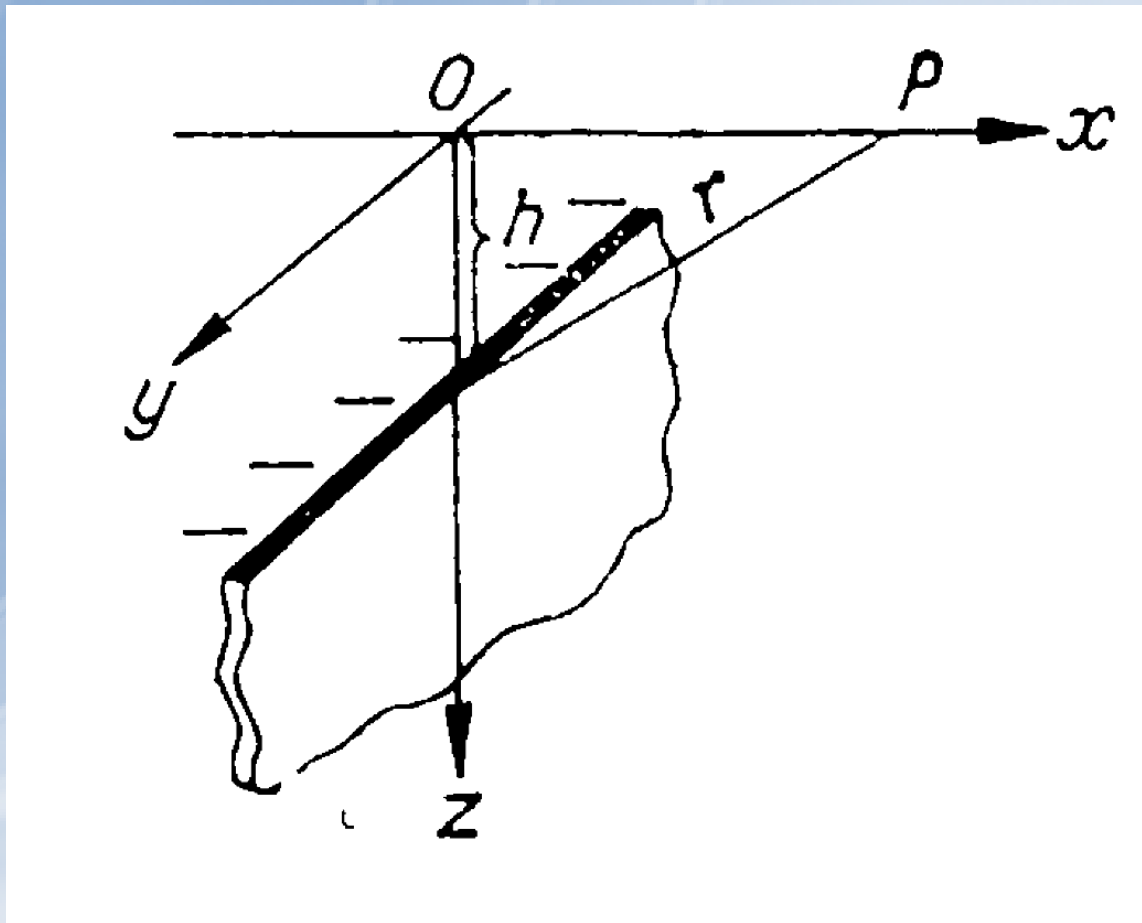
## Поле вертикально намагниченного шара



$$H = B_H = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3Mhx}{(h^2 + x^2)^{5/2}}$$

$$Z = B_Z = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{M(2h^2 - x^2)}{(h^2 + x^2)^{5/2}}$$

**Нить полюсов – тонкий вертикальный пласт  
неограниченный по простиранию с бесконечно удаленной  
нижней кромкой**



$$B_z = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2mh}{(x^2 + h^2)}$$

$$B_H = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2mx}{(x^2 + h^2)}$$

---

## **4.3. Решение прямых задач для тел произвольной формы**

---

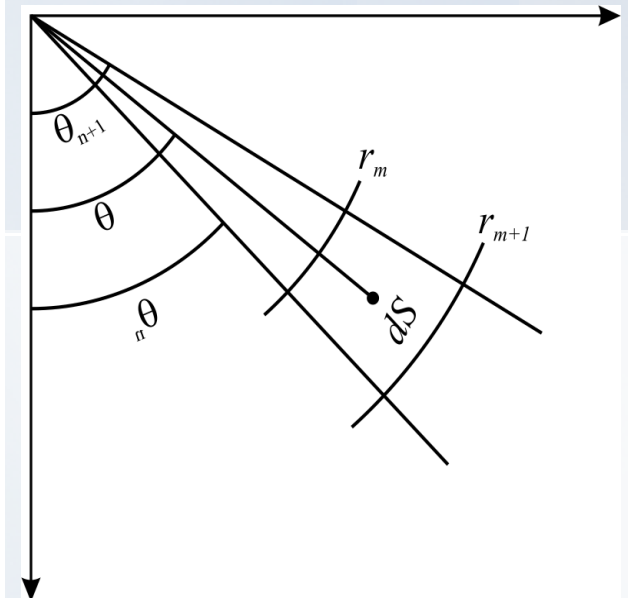
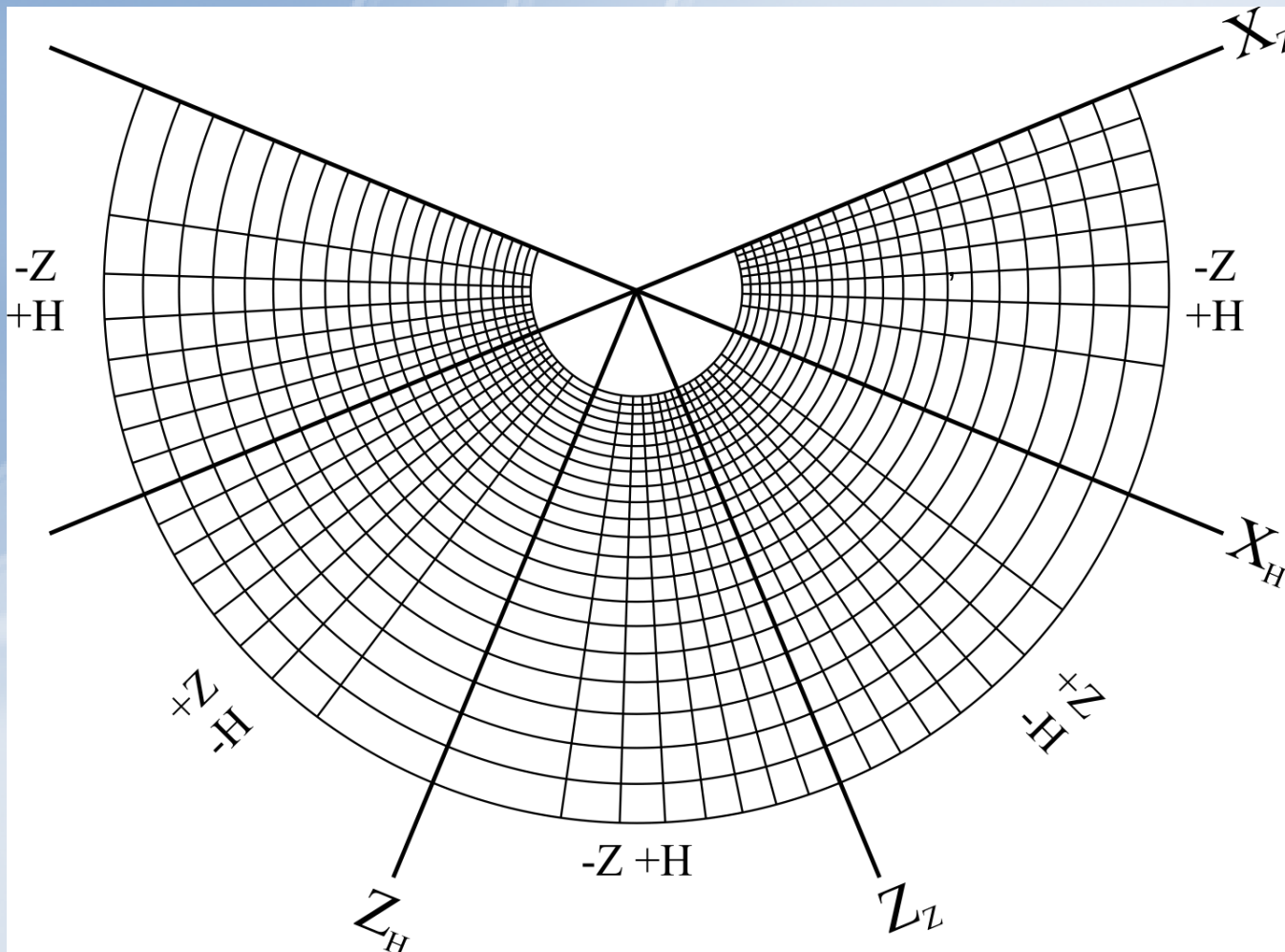
# Графические методы: палетка Д.С. Микова

$$\Delta Z = 2J \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} 2 \cos \theta d\theta \int_{r_m}^{r_{m+1}} \frac{dr}{r} = J \frac{\mu_0}{4\pi} (\sin 2\theta_{n+1} - \sin 2\theta_n) \ln \frac{r_{m+1}}{r_m}$$

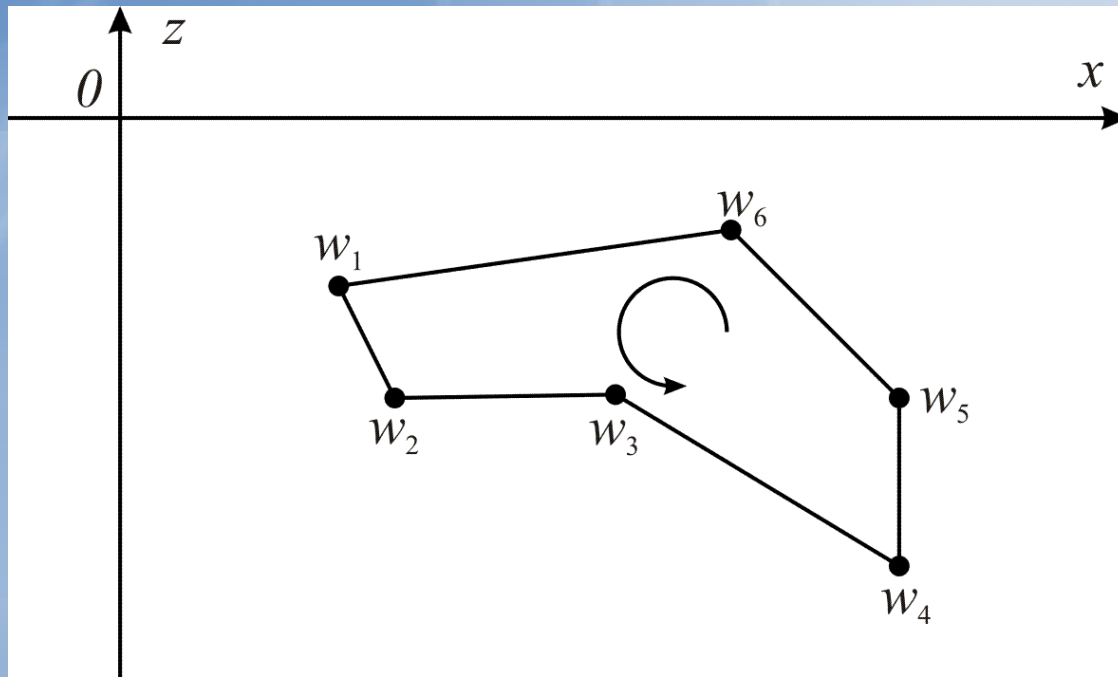
$$\Delta H = -2J \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{\theta_n}^{\theta_{n+1}} 2 \sin \theta d\theta \int_{r_m}^{r_{m+1}} \frac{dr}{r} = J \frac{\mu_0}{4\pi} (\cos 2\theta_{n+1} - \cos 2\theta_n) \ln \frac{r_{m+1}}{r_m}$$



Миков Дмитрий  
Степанович



# Аналитические методы: использование ТФКП



$$T(u) = Z(x, z) + iX(x, z)$$

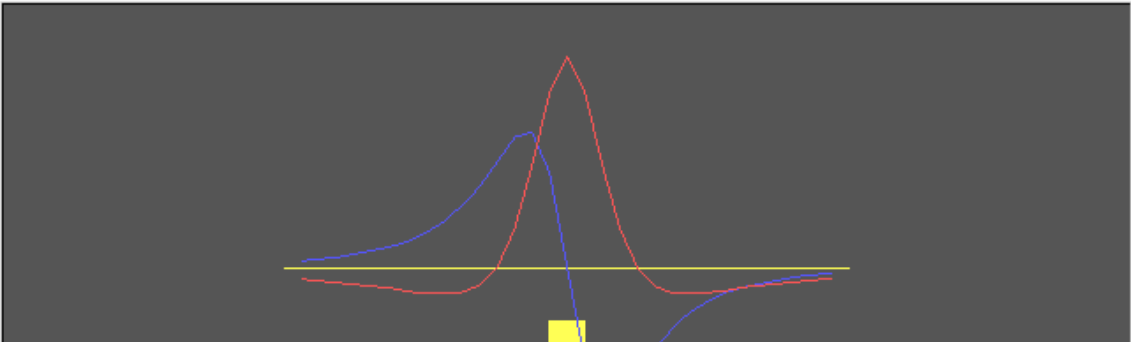
$$T(u) = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_S \frac{I(w) dS}{(w-u)^2}$$

$$T(u) = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \sum_{n=1}^N K_n \ln(w-u)$$

$$K_n = \frac{\overline{w_n - w_{n-1}}}{w_n - w_{n-1}} - \frac{\overline{w_{n+1} - w_n}}{w_{n+1} - w_n} = 2 \left( \frac{\xi_n - \xi_{n-1}}{w_n - w_{n-1}} - \frac{\xi_{n+1} - \xi_n}{w_{n+1} - w_n} \right)$$

# Программные средства для решения прямых задач

DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Pr...



**РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ МАГНИТОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ДВУМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕ НАБОРА МНОГОУГОЛЬНИКОВ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РЕДУЦИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛЕННОГО ПОЛЯ**

Copyright (C) Ю.И.Блох 1993

Для продолжения нажмите клавишу ВВОД <Enter>

MagModel2D v.1.4.

Файл Модель Расчеты Помощь

Данные профиля  
 с шагом  В точках

Количество точек профиля: 41  
 Шаг по профилю, км: ,5  
 Длина профиля, км: 20

Начальные координаты профиля  
 X0: -5 Z0: 0

Узловые точки тел:

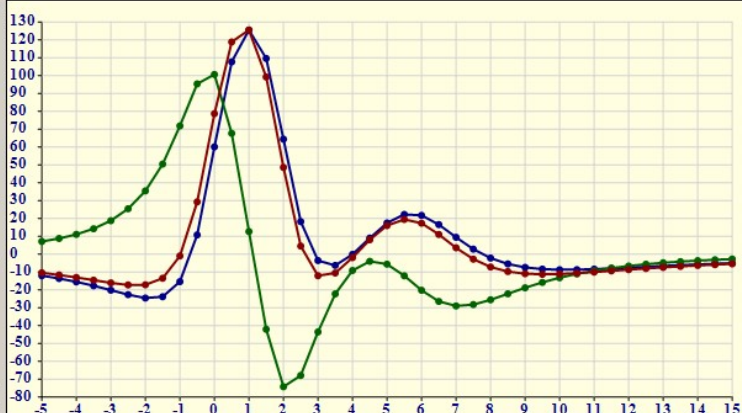
Тело 1	X	Z	Jx	Jz
▶	6	2	0	1
*	6	4		
*	4	4		

Компоненты нормального поля

Вертикальная Z, нТл: 50000  Z  
 Северная X, нТл: 10000  X  
 Восточная Y, нТл: 0  Y

Результаты расчетов

L, м	Z, нТл	X, нТл	T, нТл
-5	-12,075	7,083	-10,452
-4,5	-13,663	8,763	-11,679
-4	-15,535	11,043	-13,067
-3,5	-17,718	14,214	-14,586
-3	-20,178	18,745	-16,11
-2,5	-22,706	25,399	-17,284
-2	-24,598	35,386	-17,181
-1,5	-23,86	50,417	-13,509



Расчет проведен успешно. AZ=150,045 нТл, AX=174,88 нТл, AY=142,772 нТл. Внимание! Амплитуды указаны как разность максимального и минимального значения на графике.

Управление:

Просмотр графиков: Все тела    Все в одном масштабе



**Конец главы 4**