



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

# ПОЛЕ ГЕОМАГНИТНОЕ

МОДЕЛЬ ПОЛЯ ВНУТРИЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

ГОСТ 25645.126—85

Издание официальное



5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ  
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ

Москва



ГОСТ 25645.126-85, Поле геомагнитное. Модель поля внутриземных источников  
Geomagnetic field. Magnetic field model of intenal originals

## ПОЛЕ ГЕОМАГНИТНОЕ

Модель поля внутриземных источников

ГОСТ

Geomagnetic field.  
Magnetic field model of internal originals

25645.126—85

ОКСТУ 0080

Дата введения 01.01.87

Настоящий стандарт устанавливает модель геомагнитного поля внутриземных источников на расстоянии от 100 до 40000 км от поверхности Земли.

Стандарт предназначен для использования в расчетах при определении условий функционирования технических устройств в космическом пространстве.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Вектор индукции магнитного поля  $\vec{B}_m$  в магнитосфере Земли вычисляют по формуле

$$\vec{B}_m = \vec{B}_1 + \vec{B}_2, \quad \text{нТл}, \quad (1)$$

где  $\vec{B}_1$  — вектор индукции геомагнитного поля внутриземных источников;

$\vec{B}_2$  — вектор индукции магнитного поля магнитосферных токов по ГОСТ 25645.127—85.

1.2. Магнитное поле внутриземных источников состоит из поля электрических токов в земном ядре (далее — главное поле), составляющего ~98% всего поля, и поля земной коры, являющегося полем магнетизма горных пород и составляющего ~2% всего поля.

Поле земной коры убывает с высотой быстрее, чем главное поле, и, начиная с высоты 100 км над земной поверхностью, им практически пренебрегают.

Издание официальное

Перепечатка воспрещена

★



Издательство стандартов, 1990

1.3. Модель главного поля представлена рядами сферических гармоник в зависимости от географических координат. При длине ряда 10—13 гармоник погрешность вычисления геомагнитного поля на поверхности Земли составляет 2‰.

В первом приближении геомагнитное поле является полем диполя, расположенного в центре Земли, и представляется первым членом сферического гармонического ряда.

1.4. В связи с временными изменениями главного поля коэффициенты гармонических рядов периодически пересчитывают с учетом новых эмпирических данных. Изменения главного поля за один год (далее — вековой ход) также представлены рядами сферических гармоник.

## 2. МОДЕЛЬ ГЛАВНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

2.1. Потенциал  $U$  индукции геомагнитного поля внутриземных источников в точке пространства со сферическими координатами  $r$ ,  $\theta$ ,  $\lambda$  вычисляют по формуле

$$U = r_s \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \left(\frac{r_s}{r}\right)^{n+1} \cdot P_n^m(\cos \theta), \text{ нТл} \cdot \text{км}, \quad (2)$$

где полюс сферической системы координат совпадает с географическим полюсом Земли;

$r$  — геоцентрическое расстояние, км;

$\lambda$  — долгота от Гринвического меридиана, ...°;

$\theta$  — дополнение до широты,  $\theta = \frac{\pi}{2} - \varphi'$ , ...°;

$\varphi'$  — широта в сферических координатах, ...°;

$r_s$  — средний радиус Земли, км;

$$P_n^m(\cos \theta) = 1 \cdot 3 \cdot 5 \dots (2n-1) \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_m}{(n+m)! (n-m)!}} \cdot \sin^m \theta \left[ \cos^{n-m} \theta - \frac{(n-m)(n-m-1)}{2(2n-1)} \cos^{n-m-2} \theta + \frac{(n-m)(n-m-1)(n-m-2)(n-m-3)}{2 \cdot 4(2n-1)(2n-3)} \cos^{n-m-4} \theta - \dots \right], \quad (3)$$

где  $\varepsilon_m$  — нормировочный множитель,

$\varepsilon_m = 2$  для  $m \geq 1$  и  $\varepsilon_0 = 1$ ;

$g_n^m$ ,  $h_n^m$  — сферические гармонические коэффициенты, нТл;

$n$  — степень сферических гармоник;

$m$  — порядок сферических гармоник;

$N = 10$  — максимальная степень сферических гармоник.

2.2. Все экспериментальные данные и положения ИСЗ в пространстве представляют в географических (геодезических) координатах  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ , основанных на аппроксимации поверхности Земли эллипсоидом вращения. В ряде задач в первом приближении эллиптичностью Земли пренебрегают, не делая разницы между сферическими и геодезическими координатами. Однако при более точных расчетах необходимо учитывать сжатие Земли. Для учета сжатия Земли  $r$  и  $\varphi'$  вычисляют по формулам:

$$r^2 = h^2 + 2h \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi} + \frac{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{b^2 + h \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}{a^2 + h \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где  $\varphi$  — географическая (геодезическая) широта точки в пространстве, ...°;

$h$  — высота точки над уровнем моря, км;

$a$  — большая полуось земного эллипсоида вращения, км;

$b$  — малая полуось земного эллипсоида вращения, км.

Долготы  $\lambda$  в сферических и геодезических координатах тождественны.

Примечание. Значения  $a$  и  $b$  приведены в рекомендуемом приложении 1.

2.3. Составляющие вектора индукции геомагнитного поля внутриземных источников  $\vec{B}_i$ :  $X'$ ,  $Y'$  и  $Z'$  вычисляют по формулам:

$$X' = \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial \theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} \left(\frac{r_a}{r}\right)^{n+2}, \text{ нТл}, \quad (6)$$

$$Y' = -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial U}{\partial \lambda} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n m (g_n^m \sin m\lambda - h_n^m \cos m\lambda) \frac{P_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \left(\frac{r_a}{r}\right)^{n+2}, \text{ нТл}, \quad (7)$$

$$Z' = \frac{\partial U}{\partial r} = - \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (n+1) (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) P_n^m(\cos \theta) \left(\frac{r_a}{r}\right)^{n+2}, \text{ нТл}. \quad (8)$$

Составляющие  $X'$ ,  $Y'$  и  $Z'$  используют для расчета вектора индукции по формуле (1).

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.4. Пространственно-временное распределение вектора индукции геомагнитного поля обычно описывают геомагнитными элементами:

прямоугольными составляющими  $X, Y, Z, H$ , нТл;

угловыми элементами  $D$  и  $I, \dots$ ;

модулем вектора индукции  $T$ , нТл.

Определения геомагнитных элементов приведены в приложении 2.

2.4.1. В точке пространства с координатами  $\varphi, \lambda, h$  прямоугольные составляющие вектора индукции в геодезической системе координат рассчитывают по формулам:

$$X = X' \cos(\varphi - \varphi') + Z' \sin(\varphi - \varphi'); \quad (9)$$

$$Y = Y', \quad (10)$$

$$Z = Z' \cos(\varphi - \varphi') - X' \sin(\varphi - \varphi'); \quad (11)$$

$$H = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (12)$$

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.4.2. Угловые элементы и модуль вектора индукции вычисляют по формулам:

$$D = \arctg \frac{Y}{X}; \quad (13)$$

$$I = \arcsin \frac{Z}{T}; \quad (14)$$

$$T = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}. \quad (15)$$

2.4.3. Значения элемента поля  $Y$  для точки пространства при  $\theta = 0$  получают линейной интерполяцией.

2.4.4. Значения сферических гармонических коэффициентов  $\dot{g}_n^m, \dot{h}_n^m$  для 1985 г. приведены в приложении 1, а результаты расчета поля на тот же год — в приложении 3.

Расчет поля на другие годы осуществляют с помощью векового хода. Пример программы для расчета геомагнитных элементов приведен в приложении 4.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.5. Вековой ход геомагнитного поля определяют потенциалом  $\dot{U}$ , который вычисляют по формуле

$$\dot{U} = r_a \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (\dot{g}_n^m \cos m\lambda + \dot{h}_n^m \sin m\lambda) \left( \frac{r_a}{r} \right)^{n+1} \cdot P_n^m(\cos \theta), \text{ нТл км/год}, \quad (16)$$

где  $\dot{g}_n^m, \dot{h}_n^m$  — сферические гармонические коэффициенты, нТл/год.

2.5.1. При расчетах векового хода не учитывают сжатие Земли и пренебрегают различием между сферическими и задаваемыми географическими координатами (полагают  $\varphi' = \varphi$ ,  $r = r_a + h$ ).

2.5.2. Вековой ход элементов геомагнитного поля рассчитывают по формулам:

$$\dot{X} = \frac{1}{r} \frac{\partial \dot{U}}{\partial \theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (\dot{g}_n^m \cos m\lambda + \dot{h}_n^m \sin m\lambda) \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} \left( \frac{r_a}{r} \right)^{n+2}, \text{ нТл/год}, \quad (17)$$

$$\dot{Y} = -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \dot{U}}{\partial \lambda} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n m (\dot{g}_n^m \sin m\lambda - \dot{h}_n^m \cos m\lambda) \frac{P_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \left( \frac{r_a}{r} \right)^{n+2}, \text{ нТл/год}, \quad (18)$$

$$\dot{Z} = \frac{\partial \dot{U}}{\partial r} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (n+1) (\dot{g}_n^m \cos m\lambda + \dot{h}_n^m \sin m\lambda) P_n^m(\cos \theta) \left( \frac{r_a}{r} \right)^{n+2}, \text{ нТл/год}, \quad (19)$$

$$\dot{H} = \frac{X}{H} \dot{X} + \frac{Y}{H} \dot{Y}, \text{ нТл/год}, \quad (20)$$

$$\dot{D} = (X \cdot \dot{Y} - Y \cdot \dot{X}) \cdot \frac{3438}{H^2}, \dots \text{ '}/\text{год}, \quad (21)$$

$$\dot{I} = (H \cdot \dot{Z} - Z \cdot \dot{H}) \cdot \frac{3438}{r^2}, \dots \text{ '}/\text{год}, \quad (22)$$

$$\dot{T} = \frac{X}{T} \dot{X} + \frac{Y}{T} \dot{Y} + \frac{Z}{T} \dot{Z}, \text{ нТл/год}, \quad (23)$$

где элементы поля  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $H$ ,  $T$ ,  $D$ ,  $I$  вычисляют по формулам (9—15);

$\dot{Y}$  при  $\theta = 0$  определяют линейной интерполяцией.

2.5.3. Сферические гармонические коэффициенты  $\dot{g}_n^m$ ,  $\dot{h}_n^m$  определяют по экспериментальным данным для различных временных интервалов. Значения  $\dot{g}_n^m$ ,  $\dot{h}_n^m$  для 1985—1990 гг. приведены в приложении 5. Пример расчета векового хода приведен в приложении 3.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.6. Главное поле на любой заданный год  $t$  вычисляют способами, приведенными в пп. 2.6.1 и 2.6.2.

2.6.1. Геомагнитные элементы на заданный год  $t$  вычисляют по формуле

$$F_t = F_{t_0} + \dot{F} \cdot (t - t_0), \quad (24)$$

где  $F_t$  — любой из элементов поля ( $X, Y, Z, H, T, D$  и  $I$ ) на год  $t$ ;

$F_{t_0}$  — элемент поля, рассчитанный по  $g_n^m, h_n^m$  (известным на год  $t_0$ ) по формулам (6—15) с учетом формул (4—5);

$\dot{F}$  — вековой ход элемента поля, рассчитанный по  $\dot{g}_n^m, \dot{h}_n^m$  по формулам (17—23).

2.6.2.  $F_t$  вычисляют по формулам (6—15), в которых  $g_n^m, h_n^m$  заменяют на

$$g_{n,t}^m = g_{n,t_0}^m + \dot{g}_n^m (t - t_0); \quad (25)$$

$$h_{n,t}^m = h_{n,t_0}^m + \dot{h}_n^m (t - t_0). \quad (26)$$

2.6.3. Для составляющих  $X, Y, Z$  расчеты обоими способами дают тождественные результаты. Для остальных элементов расхождения лежат в пределах погрешностей. Выбор способа определяется условиями поставленных задач.

2.6.4. Пример расчета  $F_t$  на 1989 г. по п. 2.6.2 дан в программе, приведенной в приложении 4.

2.6.5. Примеры расчета поля на 1988 г. обоими способами приведены в приложении 3.

2.6.4, 2.6.5. (Измененная редакция, Изм. № 1).

### 3. ПАРАМЕТРЫ ГЕОМАГНИТНОГО ДИПОЛЯ

3.1. Дипольное геомагнитное поле соответствует полю, представленному первым членом сферических гармоник. Составляющие дипольного члена рассчитывают по формулам:

$$X(r, \theta, \lambda) = [-g_1^0 \sin \theta + (g_1^1 \cos \lambda + h_1^1 \sin \lambda) \cos \theta] \left(\frac{r_2}{r}\right)^3;$$

$$Y(r, \theta, \lambda) = [g_1^1 \sin \lambda - h_1^1 \cos \lambda] \left(\frac{r_2}{r}\right)^3;$$

$$Z(r, \theta, \lambda) = -2[g_1^0 \cos \theta + (g_1^1 \cos \lambda + h_1^1 \sin \lambda) \sin \theta] \left(\frac{r_2}{r}\right)^3.$$

3.2. Координаты полюсов дипольного поля (геомагнитных полюсов) и его магнитный момент  $M$  рассчитывают по формулам:

$$\operatorname{tg} \Phi_0 = \frac{g_1^0}{\sqrt{(g_1^1)^2 + (h_1^1)^2}}, \quad (27)$$

$$\operatorname{tg} \Lambda_0 = \frac{h_1^1}{g_1^1}. \quad (28)$$

$$M = r_3^3 \sqrt{(g_{i_0}^0)^2 + (g_{i_0}^1)^2 + (h_{i_0}^1)^2}, \text{ Тл} \cdot \text{м}^3, \quad (29)$$

где  $\Phi_0$  — географическая широта геомагнитного полюса, ...°;

$\Lambda_0$  — географическая долгота геомагнитного полюса, ...°.

3.3. Параметры геомагнитного диполя для 1985 г. приведены в приложении 6. Пример расчета дипольного поля приведен в приложении 3.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

Сферические гармонические коэффициенты  $g_n^m$ ,  $h_n^m$ , нТл, для 1985 г.

$n$	$m$	$g_n^m$	$h_n^m$	$n$	$m$	$g_n^m$	$h_n^m$
1	0	-29877	0	7	7	0	-6
1	1	-1903	5497	8	0	21	0
2	0	-2073	0	8	1	6	7
2	1	3045	-2191	8	2	0	-21
2	2	1691	-309	8	3	-11	5
3	0	1300	0	8	4	-9	-25
3	1	-2208	-312	8	5	2	11
3	2	1244	284	8	6	4	12
3	3	835	-296	8	7	4	-16
4	0	937	0	8	8	-6	-10
4	1	780	233	9	0	5	0
4	2	363	-250	9	1	10	-21
4	3	-426	68	9	2	1	16
4	4	169	-298	9	3	-12	9
5	0	-215	0	9	4	9	-3
5	1	356	47	9	5	-3	-6
5	2	253	148	9	6	-11	9
5	3	-94	-155	9	7	7	10
5	4	-161	-75	9	8	-12	-6
5	5	-48	95	9	9	-5	2
6	0	52	0	10	0	-4	0
6	1	65	-16	10	1	-4	1
6	2	50	90	10	2	2	0
6	3	-186	69	10	3	-5	3
6	4	4	-50	10	4	-2	6
6	5	17	-4	10	5	5	-4
6	6	-102	20	10	6	3	0
7	0	75	0	10	7	1	-1
7	1	-61	-82	10	8	2	4
7	2	2	-26	10	9	3	0
7	3	24	-1	10	10	0	-6
7	4	-6	23				
7	5	4	17				
7	6	9	-21				

Примечание. Длина аппроксимирующего ряда  $N=10$ .

Коэффициенты  $g_n^m$  и  $h_n^m$  соответствуют значениям параметров фигуры

Земли:

$r_0 = 6371,2$  км;

$a = 6378,2$  км;

$b = 6356,8$  км.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОЯСНЕНИЯ К НИМ

$X$  — северная составляющая вектора индукции  $\vec{B}_1$  — проекция вектора  $\vec{B}_1$  на ось  $x$ , направленную по географическому меридиану (на север).

$Y$  — восточная составляющая вектора индукции  $\vec{B}_1$  — проекция  $\vec{B}_1$  на ось  $y$ , направленную по параллели (на восток).

$Z$  — вертикальная составляющая вектора индукции  $\vec{B}_1$  — проекция  $\vec{B}_1$  на ось  $z$ , направленную вертикально вниз.

$H$  — горизонтальная составляющая вектора индукции  $\vec{B}_1$  — проекция  $\vec{B}_1$  на горизонтальную плоскость  $xy$ .

$D$  — магнитное склонение — угол между географическим и магнитным меридианами (положительное к востоку).

$I$  — магнитное наклонение — угол между горизонтальной плоскостью  $xy$  и направлением вектора  $\vec{B}_1$  (положительное при направлении вектора  $\vec{B}_1$  вниз).

$T$  — модуль вектора  $\vec{B}_1$ .

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЯ И ВЕКОВОГО ХОДА  
СОСТАВЛЯЮЩИЕ  $X, Y, Z$  И ЭЛЕМЕНТЫ ПОЛЯ  $X, Y, Z, T, H$ , ИЛИ:  $D, I$  В ГРАДУСАХ  
ВЕКОВОЙ ХОД  $\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}, \dot{T}, \dot{H}$ , ИЛИ/ГОД:  $\dot{D}, \dot{I}$ , МИН/ГОД

Таблица 1  
1. Пример расчета геомагнитного поля на 1985 г. по формулам (4—15)

$h$	$\varphi$	$\lambda$	$r$	$\psi$	$X$	$Y$	$Z$	$X$	$Y$	$Z$
1.1. Главное поле										
100,0	80,6	58,0	6457,4	80,6	4574,9	2437,6	53981,6	4632,7	2437,6	53976,7
3000,0	80,6	58,0	9357,4	80,6	2126,7	-151,6	18665,3	2140,5	-151,6	18663,8
6395,0	80,6	58,0	12742,4	80,6	944,5	-202,8	7447,0	948,5	-202,8	7446,5
12742,4	80,6	58,0	19099,8	80,6	300,6	-94,3	2203,3	301,4	-94,3	2203,1
40000,0	80,6	58,0	46357,3	80,6	21,9	-9,5	152,0	21,9	-9,5	152,0
1.2. Дипольное поле ( $N=1$ )										
100,0	80,6	58,0	6457,4	80,6	8178,5	-4348,0	55459,8	8237,8	-4348,0	55451,0
3000,0	80,6	58,0	9357,4	80,6	2684,7	-1428,9	18227,4	2698,1	-1428,9	18225,4
6371,2	80,6	58,0	12748,6	80,6	1065,9	-567,7	7242,2	1069,8	-567,7	7241,7
12742,4	80,6	58,0	19099,8	80,6	315,1	-168,0	2143,6	316,1	-168,0	2143,5
40000,0	80,6	58,0	46357,3	80,6	22,0	-11,8	149,9	22,1	-11,8	149,9

Таблица 2

2. Пример расчета геомагнитного поля  $\vec{B}$ , на 1985 г. без учета эллиптичности Земли по формулам (6—15)

$h$	$\varphi$	$\lambda$	$r$	$x$	$y$	$z$	$T$	$M$	$D$	$I$
2.1. Главное поле										
100,0	80,6	58,0	6471,2	4542,2	2385,8	53667,5	53912,2	5130,6	27,7	84,5
3000,0	80,6	58,0	9371,2	2112,8	-154,1	18586,5	18706,8	2118,5	-4,2	83,5
6371,2	80,6	58,0	12742,4	942,5	-202,9	7447,8	7509,9	964,1	-12,1	82,6
12742,4	80,6	58,0	19113,6	299,5	-94,1	2198,6	2220,9	314,0	-17,4	81,9
40000,0	80,6	58,0	46371,2	21,9	-9,5	151,9	153,7	23,9	-23,4	81,1
2.2. Дипольное поле										
6371,2	80,6	58,0	12742,4	1060,5	-565,8	7219,8	7319,2	1202,0	-28,1	80,5
12742,4	80,6	58,0	19113,6	314,2	-167,7	2139,2	2168,6	356,1	-28,1	80,5

Таблица 3

3. Пример расчета векторного хода по формулам (17—23)

$h$	$\varphi$	$\lambda$	$\dot{x}$	$\dot{y}$	$\dot{z}$	$\dot{r}$	$\dot{M}$	$\dot{D}$	$\dot{I}$
100,0	80,6	58,0	-31,0	2,5	-27,4	-29,7	-26,3	11,2	1,5
3000,0	80,6	58,0	-7,8	5,9	-4,9	-5,8	-8,2	8,6	1,4
6371,2	80,6	58,0	-2,8	2,8	-2,1	-2,6	-3,3	7,6	1,4
12742,4	80,6	58,0	-0,7	0,9	-0,8	-0,9	-1,0	6,5	1,3
40000,0	80,6	58,0	0,0	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	5,1	1,1
100,0	0,0	0,0	-13,4	59,7	-59,3	5,4	-22,8	7,3	-7,3
3000,0	0,0	0,0	-5,7	15,8	-13,3	-5,6	-8,4	5,8	-5,7
6371,2	0,0	0,0	-2,4	5,1	-4,5	-2,9	-3,3	4,5	-4,6
12742,4	0,0	0,0	-0,7	1,2	-1,1	-1,0	-0,9	3,4	-3,7
40000,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	2,3	-2,8

Таблица 4

4. Пример расчета главного поля на 1988 г.

$A$	$\varphi$	$\lambda$	$X$	$Y$	$Z$	$T$	$M$	$D$	$I$
4.1. По формуле (24)									
100,0	80,6	58,0	4539,7	2445,1	53894,5	54140,8	5155,9	28,36	84,6
3000,0	80,6	58,0	2117,1	-133,9	18649,1	18769,3	2121,3	-3,67	83,5
100,0	0,0	0,0	26204,2	-4086,1	-13066,1	29563,9	26520,3	-8,84	-26,3
3000,0	0,0	0,0	8495,2	-1476,3	-1706,9	8809,5	8622,4	-9,81	-11,8
4.2. По формулам (25, 26)									
100,0	80,6	58,0	4538,4	2444,6	53893,9	54139,8	5154,9	28,3	84,5
3000,0	80,6	58,0	2117,0	-133,8	18649,0	18769,3	2121,2	-3,6	83,5
100,0	0,0	0,0	26204,2	-4086,6	-13065,1	29564,4	26520,9	-8,9	-26,2
3000,0	0,0	0,0	8495,2	-1476,4	-1806,9	8809,8	8622,5	-9,9	-11,8

(Измененная редакция, Изм. № 1).

```

C      ПРОГРАММА РАСЧЕТА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ «В1»
C      НА ЗАДАННЫЙ ГОД «Т»
C
C
0001      INTEGER E, YEAR, YEAR1
0002      REAL L, L1, LP, NR
0003      DIMENSION P(17,17), R(17,17), G(150), G1(150), DG(150),
- DG1(150), U1(17), U2(17), S(17,17), H1(400), F1(400), L(400)
C
C      СЧИТЫВАНИЕ МАССИВА ДАННЫХ
0004      DATA NH/10/, E/1/, KT/6/
C      NH — ЧИСЛО ГАРМОНИК
C      E — УЧЕТ ЭЛЛИПТИЧНОСТИ:
C      E = 1 — УЧИТЫВАЕТСЯ, E = 0 — НЕ УЧИТЫВАЕТСЯ
C      KT — КОЛИЧЕСТВО ТОЧЕК
0005      DATA YEAR/1989/
C      YEAR — ЗАДАННЫЙ ГОД (Т)
0006      K = (NH * NH + 3 * NH) / 2
C      K — КОЛИЧЕСТВО КОЭФФИЦИЕНТОВ
C      G(I) — КОЭФФИЦИЕНТЫ G, ЗАДАННЫЕ НА 1985 Г.,
C      В НАНОТЕСЛАХ
0007      DATA G/—29877.,—1903.,—2073.,3045.,1691.,1300.,
-2208.,1244.,835.,937.,780.,363.,—425.,169.,
-215.,356.,253.,—94.,—161.,—48.,52.,65.,50.,
-186.,4.,17.,—102.,75.,—61.,2.,24.,—6.,4.,9.,
-0.,21.,6.,0.,—11.,—9.,2.,4.,4.,—6.,5.,10.,1.,
-12.,9.,—3.,—1.,7.,2.,—5.,—4.,—4.,2.,—5.,—2.,
-5.,3.,1.,2.,3.,0./
C      G1(I) — КОЭФФИЦИЕНТЫ H, ЗАДАННЫЕ НА 1985 Г.,
C      В НАНОТЕСЛАХ
0008      DATA G1/0.,5497.,0.,—2191.,—309.,0.,—312.,284.,
-296.,0.,233.,—250.,68.,—298.,0.,47.,148.,
-155.,—75.,95.,0.,—16.,90.,69.,—50.,—4.,20.,0.,
-82.,—26.,—1.,23.,17.,—21.,—6.,0.,7.,—21.,5.,
-25.,11.,12.,—16.,—10.,0.,—21.,16.,9.,—5.,—6.,
-9.,10.,—6.,2.,0.,1.,0.,3.,5.,—4.,0.,—1.,4.,0.,—6./
C      DG(I) — КОЭФФИЦИЕНТЫ DG, ЗАДАННЫЕ НА 1985 Г.,
C      В НАНОТЕСЛАХ/ГОД
0009      DATA DG/19.7,11.5,—12.6,1.8,1.4,4.3,—6.1,—0.7,
-3.8,—0.4,0.2,—7.4,—0.4,—5.7,1.2,—0.1,—1.2,
-2.4,—0.3,0.5,1.4,—0.4,1.6,0.9,—0.1,0.7,1.0,
-0.4,—0.6,—0.1,0.2,0.9,0.9,0.3,1.0,0.5,—0.3,
-0.1,0.6,—0.7,0.1,0.2,—0.9,—0.5,21-0./
C      DG1(I) — КОЭФФИЦИЕНТЫ DH, ЗАДАННЫЕ НА 1985 Г.,
C      В НАНОТЕСЛАХ/ГОД
0010      DATA DG1/0.,—20.,0.,—16.4,—15.9,0.4,6.2,8,
-9.8,0.3,5.2,3.7,—0.3,0.0,0.7,0.1,1.1,—0.1,
-0.,—0.7,—1.2,—0.3,—1.3,0.4,1.1,0.,1.,0.3,0.8,
-0.7,—0.2,0.3,0.,0.,0.6,—0.3,0.4,0.,0.6,—1.2,

```

```

      —0.1,0.8,21.0./
0011 C H1(I) — ВЫСОТА ТОЧКИ В КМ
      DATA H1/100,3000,6371,2,6385,12742.4,40000./
0012 C F1(I) — ШИРОТА ТОЧКИ В ГРАД.
      DATA F1/6,80.6/
0013 C L(I) — ДЛИНОТА ТОЧКИ В ГРАД.
      DATA L/6,58.0/
0014 PRINT 12
0015 12 FORMAT ('//10X,'G(I) — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ',
      ' G ДЛЯ 1985 Г.:')
0016 PRINT 9,(G(I),I=1,K)
0017 PRINT 13
0018 13 FORMAT ('//10X,'G1(I) — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ H',
      ' ДЛЯ 1985 Г.:')
0019 PRINT 9,(G1(I),I=1,K)
0020 PRINT 14
0021 14 FORMAT ('//5X,'DG(I) — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ G',
      ' ДЛЯ ИНТЕРВАЛА 1985—1990 ГГ.:')
0022 PRINT 9,(DG(I),I=1,K)
0023 PRINT 15
0024 15 FORMAT ('//5X,'DG1(I) — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ H',
      ' ДЛЯ ИНТЕРВАЛА 1985—1990 ГГ.:')
0025 PRINT 9,(DG1(I),I=1,K)
C
C РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ 'G' И 'H' НА ГОД 'T'
0026 DO H I=1,K
0027 YEAR1=YEAR—1985
0028 G(I)=G(I)+DG(I)*YEAR1
0029 11 G1(I)=G1(I)+DG1(I)*YEAR1
0030 PRINT 55
0031 55 FORMAT ('//20X,'РЕЗУЛЬТАТЫ',
      ' РАСЧЕТА')
0032 PRINT 8
0033 8 FORMAT ('//5X,'GT — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ G',
      ' РАССЧИТАННЫХ НА 1989 Г.:')
0034 PRINT 9,(G(I),I=1,K)
0035 9 FORMAT (4E18.6)
0036 PRINT 10
0037 10 FORMAT ('//5X,'HT — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ H',
      ' РАССЧИТАННЫХ НА 1989 Г.:')
0038 PRINT 9,(G1(I),I=1,K)
C
C РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЯ
0039 IF (PREQ.0) GO TO 18
0041 18 PI=3.141593
0042 RS=6371.2
C RS — СРЕДНИЙ РАДИУС ЗЕМЛИ
0043 A=6378.2
0044 B=6356.8
0045 A3=.1E—7
0046 NH=NH+1
0047 I=0
0048 IK=0
0049 IN=1
0050 PRINT 19,IN
0051 19 FORMAT ('//10X,'IN= ',I3)

```

```

0052      20 I=I+1
0053      F2=F1(I)·PI/180.
0054      IF(E.EQ.0) GOTO 21
0056      S1=A·2·COS(F2)·2+B·2·SIN(F2)·2
0057      S2=A·4·COS(F2)·2+B·4·SIN(F2)·2
0058      R1=SQRT(H1(I)·2+2·H1(I)·SQRT(S1)+S2/S1)
0059      ARG=(B·2+H1(I)·SQRT(S1))/(A·2+H1(I)·SQRT(S1))·
      ·(SIN(F2)/COS(F2))
0060      F3=ATAN(ARG)
0061      F2=F2-F3
0062      S1=SIN(F2)
0063      S2=COS(F2)
0064      GOTO 22
0065      21 F3=F2
0066      22 F=PI/2.-F3
0067      C1=SIN(F)
0068      C2=COS(F)
0069      S(1,1)=1.
0070      DO 24 N=2,NH
0071      S(1,N)=S(1,N-1)·(2·N-3)/(N-1)
0072      S(2,N)=S(1,N)·SQRT((N-1)·2/N)
0073      IF(N.LT.3) GOTO 24
0075      DO 23 M=3,N
0076      23 S(M,N)=S(M-1,N)·SQRT((N-M+1)/(N+M-2))
0077      24 CONTINUE
0078      P(1,1)=1.
0079      R(1,1)=0.
0080      P(1,2)=C2
0081      R(1,2)=-C1
0082      P(2,2)=C1
0083      R(2,2)=C2
0084      DO 28 N=3,NH
0085      DO 28 M=1,N
0086      IF(M=N) 27,26,25
0087      25 P(M,N)=0.
0088      R(M,N)=0.
0089      GOTO 28
0090      26 P(M,N)=C1·P(M-1,N-1)
0091      R(M,N)=C1·R(M-1,N-1)+C2·P(M-1,N-1)
0092      GOTO 28
0093      27 NR=((N-2)·2-(M-1)·2)/((2·N-3)·(2·N-5))
0094      P(M,N)=C2·P(M,N-1)-NR·P(M,N-2)
0095      R(M,N)=C2·R(M,N-1)-C1·P(M,N-1)-NR·R(M,N-2)
0096      28 CONTINUE
0097      DO 29 N=1,NH
0098      DO 29 M=1,N
0099      P(M,N)=P(M,N)·S(M,N)
0100      29 R(M,N)=R(M,N)·S(M,N)
0101      L(I)=L(I)·PI/180.
0102      DO 30 M=1,NH
0103      U1(M)=SIN((M-1)·L(I))
0104      30 U2(M)=COS((M-1)·L(I))
0105      IF(E.EQ.1) GOTO 31
0107      I1=RS/(RS+H1(I))

```

```

0108      GOTO 32
0109      31 L1 = RS/R1
0110      32 A1 = ABS(SIN(F))
0111      IF(A1.LT.A3) GOTO 33
0113      A1 = SIN(F)
0114      GOTO 34
0115      33 A1 = A3
0116      34 X = 0.
0117      Y = 0.
0118      Z = 0.
0119      J = 0.
0120      DO 35 N = 2, NH
0121      DO 35 M = 1, N
0122      A2 = (M - 1) / A1
0123      J = J + 1
0124      X = X + (G(J) * U2(M) + G1(J) * U1(M)) * L1 * (N + 1) * R(M, N)
0125      Y = Y + (G(J) * U1(M) - G1(J) * U2(M)) * L1 * (N + 1) * P(M, N) * A2
0126      35 Z = Z + (-1) * N * (G(J) * U2(M) + G1(J) * U1(M)) * L1 * (N + 1) * P(M, N)
0127      IF(E.EQ.0.) GOTO 36
0129      X1 = X * S2 + Z * S1
0130      Z1 = Z * S2 - X * S1
0131      X = X1
0132      Z = Z1
0133      36 T = SQRT(X ** 2 + Y ** 2 + Z ** 2)
0134      HC = SQRT(X ** 2 + Y ** 2)
0135      D = ATAN(Y/X)
0136      IF(Y) 38,37,37
0137      37 IF(X) 40,41,41
0138      38 IF(X) 40, 39,39
0139      39 D = 2. * PI + D
0140      GOTO 41
0141      40 D = PI + D
0142      41 LP = ATAN(Z/HC)
0143      IF(D - PI) 43,42,42
0144      42 D = D - 2. * PI
0145      43 L(I) = L(I) / .01745329
0146      LP = LP / .01745329
0147      D = D / .01745329
0148      IF(LEQ.1) GOTO 44
0150      IF(LEQ.IK + 68) GOTO 48
0152      GOTO 66
0153      44 PRINT 63
0154      63 FORMAT(/,4X,'H1',5X,'F',5X,'L',6X,'X',7X,'Y',7X,
,7X,'T',7X,'H',6X,'D',5X,'I')
0155      64 FORMAT(F8.1,2F6.1,5F8.1,2F6.1)
0156      66 PRINT 64,H1(I),F1(I),L(I),X,Y,Z,T,HC,D,LP
0157      GOTO 49
0158      48 IK = IK + 67
0159      IN = IN + 1
0160      PRINT 19,IN
0161      GOTO 44
0162      49 IF(1.LT.KT) GOTO 20
0164      STOP
0165      END

```

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

GT — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ G, РАССЧИТАННЫХ НА 1989 Г.:

—0.297982E+05	—0.185700E+04	—0.212340E+04	0.305220E+04
0.189660E+04	0.131720E+04	—0.223240E+04	0.124120E+04
0.819800E+03	0.935400E+03	0.780800E+03	0.333400E+03
—0.427600E+03	0.146200E+03	—0.210200E+03	0.355600E+03
0.248200E+03	—0.103600E+03	—0.162200E+03	—0.460000E+02
0.576000E+02	0.634000E+02	0.564000E+02	—0.182400E+03
0.360000E+01	0.198000E+02	—0.980000E+02	0.766000E+02
—0.634000E+02	0.160000E+01	0.248000E+02	—0.240000E+01
0.760000E+01	0.102000E+02	0.400000E+01	0.230000E+02
0.480000E+01	—0.400000E+00	—0.860000E+01	—0.118000E+02
0.240000E+01	0.480000E+01	0.400000E+00	—0.800000E+01
0.500000E+01	0.100000E+02	0.100000E+01	—0.120000E+02
0.900000E+01	—0.300000E+01	—0.100000E+01	0.700000E+01
0.200000E+01	—0.500000E+01	—0.400000E+01	—0.400000E+01
0.200000E+01	—0.500000E+01	—0.200000E+01	0.500000E+01
0.300000E+01	0.100000E+01	0.200000E+01	0.300000E+01
0.000000E+00			

HT — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ H, РАССЧИТАННЫХ НА 1989 Г.:

0.000000E+00	0.541700E+04	0.000000E+00	—0.225660E+04
—0.372600E+03	0.000000E+00	—0.293600E+03	0.295200E+03
—0.335200E+03	0.000000E+00	0.247000E+03	—0.242000E+03
0.828000E+02	—0.299200E+03	0.000000E+00	0.470000E+02
0.150800E+03	—0.154600E+03	—0.706000E+02	0.946000E+02
0.000000E+00	—0.188000E+02	0.852000E+02	0.678000E+02
—0.552000E+02	—0.240000E+01	0.244000E+02	0.000000E+00
—0.780000E+02	—0.248000E+02	0.220000E+01	0.258000E+02
0.162000E+02	—0.198000E+02	—0.600000E+01	0.000000E+00
0.940000E+01	—0.222000E+02	0.660000E+01	—0.250000E+02
0.134000E+02	0.720000E+01	—0.164000E+02	—0.680000E+01
0.000000E+00	—0.210000E+02	0.160000E+02	0.900000E+01
—0.500000E+01	—0.600000E+01	0.900000E+01	0.100000E+02
—0.600000E+01	0.200000E+01	0.000000E+00	0.100000E+01
0.000000E+00	0.300000E+01	0.600000E+01	—0.400000E+01
0.000000E+00	—0.100000E+01	0.400000E+01	0.000000E+00
—0.600000E+01			

IN = I

H1	F	L	X	Y	Z	T	H	D	I
100.0	80.6	58.0	4507.0	2446.9	53865.8	54109.4	5128.4	28.5	84.6
3000.0	80.6	58.0	2109.1	—127.9	18644.0	18763.3	2113.0	—3.5	83.5
6371.0	80.6	58.0	940.1	—191.9	7462.1	7523.5	959.4	—11.5	82.7
6385.0	80.6	58.0	937.3	—191.6	7437.9	7499.1	956.7	—11.6	82.7
12742.4	80.6	58.0	298.4	—90.8	2199.9	2221.9	311.9	—16.9	81.9
40000.0	80.6	58.0	21.8	—9.2	151.7	153.5	23.7	—23.0	81.1

## КОММЕНТАРИИ

Входные данные:

$NH=N=10$ ;

$E=1$  — признак учета эллиптичности Земли;

$KT=6$  — количество точек с заданными координатами ( $h, \varphi, \lambda$ );

$YEAR$  — заданный год  $t=1989$ ;

$G(I)$  — массив коэффициентов  $g_n^{(m)}$ , заданных на год  $t_0=1985$ ;

$GI(I)$  — массив коэффициентов  $h_n^{(m)}$ , заданных на год  $t_0=1985$ ;

$H1(I)$  — массив высот  $h$  (км) заданного числа точек;

$F1(I)$  — массив широт  $\varphi$  ( $0 \dots 90^\circ$ ) заданного числа точек;

$L(I)$  — массив долгот  $\lambda$  ( $0 \dots 360^\circ$ ) заданного числа точек;

$DG(I)$  — массив коэффициентов  $g_n^{(m)}$ , заданных для 1985—1990 гг.;

$DGI(I)$  — массив коэффициентов  $h_n^{(m)}$ , данных для 1985—1990 гг.;

Выходные данные:

печать названия программы с указанием года  $t=1989$ ;

печать входных данных  $NH, E, KT$ , а также рассчитанного в программе общего числа коэффициентов  $K$ ;

массив  $G$  коэффициентов  $g_n^{(m)}$ , заданных на год  $t_0$ ;

массив  $H$  коэффициентов  $h_n^{(m)}$ , заданных на год  $t_0$ ;

массив  $DG$  коэффициентов  $g_n^{(m)}$ , заданных на интервал 1985—1990;

массив  $DH$  коэффициентов  $h_n^{(m)}$ , заданных на интервал 1985—1990;

массив  $GT$  коэффициентов  $g_n^{(m)}$ , рассчитанных на год  $t$ ;

массив  $HT$  коэффициентов  $h_n^{(m)}$ , рассчитанных на год  $t$ ;

$H1$  — высота  $h$  (км) заданной точки пространства;

$F$  — широта  $\varphi$  ( $0 \dots 90^\circ$ ) заданной точки пространства;

$L$  — долгота  $\lambda$  ( $0 \dots 360^\circ$ ) заданной точки пространства;

$X, Y, Z, T, H, D, I$  — значения элементов в заданной точке ( $h, \varphi, \lambda$ ) на год  $t=1989$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Рекомендуемое

Сферические гармонические коэффициенты  $g_n^{(m)}$ ,  $A_n^{(m)}$ , нТл/год,  
для интервала 1985—1990 гг.

$n$	$m$	$g_n^{(m)}$	$h_n^{(m)}$	$n$	$m$	$g_n^{(m)}$	$h_n^{(m)}$
1	0	10.7	0.0	6	2	1.6	-1.2
1	1	11.5	-20.0	6	3	0.9	-0.3
2	0	-12.6	0.0	6	4	-0.1	-1.3
2	1	1.8	-16.4	6	5	0.7	0.4
2	2	1.4	-15.9	6	6	1.0	1.1
3	0	4.3	0.0	7	0	0.4	0.0
3	1	-6.1	4.6	7	1	-0.6	1.0
3	2	-0.7	2.8	7	2	-0.1	0.3
3	3	-3.8	-9.8	7	3	0.2	0.8
4	0	-0.4	0.0	7	4	0.9	0.7
4	1	0.2	3.5	7	5	0.9	-0.2
4	2	-7.4	2.0	7	6	0.3	0.3
4	3	-0.4	3.7	7	7	1.0	0.0
4	4	-5.7	-0.3	8	0	0.5	0.0
5	0	1.2	0.0	8	1	-0.3	0.6
5	1	-0.1	0.0	8	2	-0.1	-0.3
5	2	-1.2	0.7	8	3	0.6	0.4
5	3	-2.4	0.1	8	4	-0.7	0.0
5	4	-0.3	1.1	8	5	0.1	0.6
5	5	0.5	-0.1	8	6	-0.2	-1.2
6	0	1.4	0.0	8	7	-0.9	-0.1
6	1	-0.4	-0.7	8	8	-0.5	0.8

Примечание. Длина аппроксимирующего ряда  $N=8$ .

Параметры геомагнитного диполя на 1985 г.:

$$M = 7,87 \cdot 10^{18} \text{ Тл} \cdot \text{м}^3.$$

Географические координаты северного геомагнитного полюса:

$$\Phi_0 = 79,0^\circ \text{ северной широты,}$$

$$\Lambda_0 = 289,1^\circ \text{ восточной долготы.}$$

Приложения 3—6. (Измененная редакция, Изм. № 1).

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.11.85 № 3609

## ИСПОЛНИТЕЛИ

И. И. Алексеев, канд. физ.-мат. наук; А. В. Баюков, канд. техн. наук; Е. С. Беленькая, канд. физ.-мат. наук; Н. П. Бенькова, д-р физ.-мат. наук; Ю. А. Внитенко, канд. техн. наук; В. П. Головкин, д-р физ.-мат. наук; Е. В. Горчаков, д-р физ.-мат. наук; М. С. Григорян; И. П. Иваненко, д-р физ.-мат. наук; В. В. Калегаев; Г. И. Коломийцева, канд. физ.-мат. наук; А. П. Кропоткин, д-р физ.-мат. наук; Е. Н. Лесновский, канд. техн. наук; В. М. Ломакин, канд. техн. наук; Ю. Г. Лютов; В. В. Мигулин, член-кор. АН СССР; Л. И. Мирошниченко, канд. физ.-мат. наук; В. Н. Никитинский; И. Я. Ремизов, канд. техн. наук; В. И. Степаккин, канд. техн. наук; Л. Н. Степанова; И. Б. Теплов, д-р физ.-мат. наук; М. В. Терновская, канд. физ.-мат. наук; В. В. Хаустов, канд. техн. наук

2. СОГЛАСОВАНО с Государственной службой стандартных справочных данных [протокол от 16.06.85 № 18]

3. Срок первой проверки — 1989 г., периодичность проверки — 5 лет

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 25645.127—85	1.1

6. ПЕРЕИЗДАНИЕ [декабрь 1989 г.] с Изменением № 1, утвержденным в сентябре 1989 г. [ИУС 12—89]

7. Проверен в 1989 г.

Редактор *В. М. Лысенкина*  
Технический редактор *Э. В. Мигал*  
Корректор *Г. Н. Чуйко*

Сдано в наб. 23.10.80 Подп. в печ. 25.01.80 1,3 усл. п. л. 1,5 усл. кро-отт. 1,27 уч.-изд. л.  
Тир. 5000 Цена 5 к.

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123857, Москва, ГСП,  
Новопреобретенский пер., д. 3.  
Вальновская типография Издательства стандартов, ул. Даргаус и Тирено, 30. Зак. 2269,