ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ПОЛЕ ГЕОМАГНИТНОЕ

МОДЕЛЬ ПОЛЯ ВНУТРИЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

ГОСТ 25645.126—85

Издание официальное



3 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 629.78 : 006.354 Группа Т27

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ПОЛЕ ГЕОМАГНИТНОЕ

Модель поля внутриземных источников

ГОСТ 25645.126—85

Geomagnetic field.
Magnetic field model of internal originals

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 $\vec{B}_{\text{и}}$ в магнитосфере Земли вычисляют по формуле

$$\vec{B}_{\text{и}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2, \quad \text{нТл}, \tag{1}$$

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, θ, λ вычисляют по формуле

$$U=r_3\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{n}\left(g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\right)\left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+1}\cdot P_n^m(\cos\theta),\ \text{нТл}\cdot\text{км}, \tag{2}$$

где полюс сферической системы координат совпадает с географическим полюсом Земли;

r — геоцентрическое расстояние, км;

λ — долгота от Гринвичского меридиана, ... °;

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

φ' — широта в сферических координатах, ... °;

r_3 — средний радиус Земли, км;

$$P_n^m(\cos\theta)=1\cdot3\cdot5\ldots(2n-1)\cdot\sqrt{\frac{\varepsilon_m}{(n+m)!\,(n-m)!}}\cdot\sin^m\theta\Big[\cos^{n-m}\theta-\frac{(n-m)(n-m-1)}{2(2n-1)}\cos^{n-m-2}\theta+\frac{(n-m)(n-m-1)(n-m-2)(n-m-3)}{2\cdot4(2n-1)(2n-3)}\cos^{n-m-4}\theta-\ldots\Big], \tag{3}$$

где ε_m — нормировочный множитель,

$\varepsilon_m=2$ для $m\geqslant1$ 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 φ, λ, 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 φ' вычисляют по формулам:

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

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

где φ — географическая (геодезическая) широта точки в пространстве, ...[c];

h — высота точки над уровнем моря, км;

a — большая полуось земного эллипсоида вращения, км;

b — малая полуось земного эллипсоида вращения, км.

Долготы λ 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 $\vec{B}_1$: X', Y' и Z' вычисляют по формулам:

$$X'=\frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial\theta}=\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{n}\left(g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\right)\frac{\partial P_n^m(\cos\theta)}{\partial\theta}\left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+2},\ \text{нТл}, \tag{6}$$

$$Y'=-\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial U}{\partial\lambda}=\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{n}m\left(g_n^m\sin m\lambda-h_n^m\cos m\lambda\right)\frac{P_n^m(\cos\theta)}{\sin\theta}\left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+2},\ \text{нТл}, \tag{7}$$

$$Z'=\frac{\partial U}{\partial r}=-\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{n}(n+1)\left(g_n^m\cos m\lambda+h_n^m\sin m\lambda\right)P_n^m(\cos\theta)\left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+2},\ \text{нТл}. \tag{8}$$

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

(Измененная редакция, Изм. № 1).

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

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

угловыми элементами D и I, ... °;

модулем вектора индукции T, нТл.

Определения геомагнитных элементов приведены в приложении 2.

2.4.1. В точке пространства с координатами φ, λ, 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:

$$D = \text{arc tg} \frac{Y}{X}; \quad (13)$$

$$I = \text{arc sin} \frac{Z}{T}; \quad (14)$$

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

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

$$\dot{U} = r_3 \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=0}^{n} (\dot{g}_n^m \cos m\lambda + \dot{h}_n^m \sin m\lambda) \left(\frac{r_3}{r}\right)^{n+1} \cdot P_n^m (\cos\theta), \text{ нТл км/год}, \quad (16)$$

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 $\varphi'=\varphi$, $r=r_з+h$).

2.5.2. Вековой ход элементов геомагнитного поля рассчитывают по формулам:

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

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

$$\text{нТл/год},\qquad(18)$$

$$\dot{Z}=\frac{\partial \dot{U}}{\partial r}=-\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{n}(n+1)(\dot{g}_n^m\cos m\lambda+\dot{h}_n^m\sin m\lambda)P_n^m(\cos\theta)\left(\frac{r_з}{r}\right)^{n+2},$$

$$\text{нТл/год},\qquad(19)$$

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

$$\dot{D}=(X\cdot\dot{Y}-Y\cdot\dot{X})\cdot\frac{3438}{H^2},\ \ldots\ ^{\prime}/\text{год},\qquad(21)$$

$$\dot{I}=(H\cdot\dot{Z}-Z\cdot\dot{H})\cdot\frac{3438}{T^2},\ \ldots\ ^{\prime}/\text{год},\qquad(22)$$

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

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

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

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

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

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

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:

$$X(r, \theta, \lambda) = [-g_1^0 \sin\theta + (g_1^1 \cos\lambda + h_1^1 \sin\lambda)\cos\theta]\left(\frac{r_3}{r}\right)^3;$$

$$Y(r, \theta, \lambda) = [g_1^1 \sin\lambda - h_1^1 \cos\lambda]\left(\frac{r_3}{r}\right)^3;$$

$$Z(r, \theta, \lambda) = -2[g_1^0 \cos\theta + (g_1^1 \cos\lambda + h_1^1 \sin\lambda)\sin\theta]\left(\frac{r_3}{r}\right)^3.$$

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

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

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

$$M = r_3^3 \sqrt{(g_1^0)^2 + (g_1^1)^2 + (h_1^1)^2}, \quad \text{Тл} \cdot \text{м}^3, \qquad (29)$$

где Φ_0 — географическая широта геомагнитного полюса, ... °;

Λ_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).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

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	1	—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	—5
5	1	356	47	9	5	—3	—6
5	2	253	148	9	6	—1	9
5	3	—94	—155	9	7	7	10
5	4	—161	—75	9	8	2	—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:

$r_з=6371{,}2$ км;
$a=6378{,}2$ км;
$b=6356{,}8$ км.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОЯСНЕНИЯ К НИМ

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

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

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

H — горизонтальная составляющая вектора индукции $\vec{B}_i$ проекция $\vec{B}_i$ 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 $\vec{B}_i$ (положительное при направлении вектора $\vec{B}_i$ вниз).

T — модуль вектора $\vec{B}_i$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЯ И ВЕКОВОГО ХОДА СОСТАВЛЯЮЩИЕ X', Y', Z' И ЭЛЕМЕНТЫ ПОЛЯ X, Y, Z, T, H, нТл; D, I В ГРАДУСАХ ВЕКОВОЙ ХОД $\dot{X}$, $\dot{Y}$, $\dot{Z}$, $\dot{T}$, $\dot{H}$, нТл/год; $\dot{D}$, $\dot{I}$, мин/год

Таблица 1

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

h	φ	λ	r	φ'	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
6385,0	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
6971,2	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	315,3	—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 $\vec{B}_1$ на 1985 г. без учета эллиптичности Земли по формулам (6—15)

h	φ	λ	r	X	Y	Z	T	H	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 векового хода по формулам (17—23)

h	φ	λ	$\dot{X}$	$\dot{Y}$	$\dot{Z}$	$\dot{T}$	$\dot{H}$	$\dot{D}$	$\dot{I}$
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
6385,0	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
6385,0	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.

h	φ	λ	X	Y	Z	T	H	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).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

```
      C       ПРОГРАММА РАСЧЕТА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ «B1»
      C             НА ЗАДАННЫЙ ГОД «T»
      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 (T)
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.,—426.,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.,6.,—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.,—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./
C    H1(I) — ВЫСОТА ТОЧКИ В КМ
0011      DATA H1/100.,3000.,6371.2,6385.,12742.4,40000./
C    F1(I) — ШИРОТА ТОЧКИ В ГРАД.
0012      DATA F1/6·80.6/
C    L(I) — ДОЛГОТА ТОЧКИ В ГРАД.
0013      DATA L/6·58.0/
0014      PRINT 12
0015     12 FORMAT('1',//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 G0',
     ·' ДЛЯ ИНТЕРВАЛА 1985—1990 ГГ.:'/)
0022      PRINT 9,(DG(I),I=1,K)
0023      PRINT 15
0024     15 FORMAT  (//5X,'DG1(I) — МАССИВ КОЭФФИЦИЕНТОВ H0',
     ·' 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 11 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 ('1',20X,'Р Е З У Л Ь Т А Т Ы',
     ·'Р А С Ч Е Т А'///)
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          Р А С Ч Е Т   Э Л Е М Е Н Т О В   П О Л Я
0039      IF(PR.EQ.0) GOTO 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(I.EQ.1) GOTO 44
0150          IF(I.EQ.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,
             ·'Z',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(I.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
0.169660E+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	0.130000E+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— 1

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
12712.4	80.6	58.0	298.4	−90.8	2199.9	2291.9	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, φ, λ);
YEAR — заданный год t=1989,
G(I) — массив коэффициентов g_n^m, заданных на год t_0=1985;
G1(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 φ (в ...°) заданного числа точек;
L(I) — массив долгот λ (в ...°) заданного числа точек;
DG(I) — массив коэффициентов $\dot{g}_n^m$, заданных для 1985—1990 гг.;
DG1(I) — массив коэффициентов $\dot{h}_n^m$, 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 $\dot{g}_n^m$, заданных на интервал 1985—1990;
массив DH коэффициентов $\dot{h}_n^m$, 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 φ (...°) заданной точки пространства;
L — долгота λ (...°) заданной точки пространства;
X, Y, Z, T, H, D, I — значения элементов в заданной точке (h, φ, λ) на год t=1989.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

Сферические гармонические коэффициенты $\dot{g}_n^m$, $\dot{h}_n^m$, нТл/год, для интервала 1985—1990 гг.

n	m	$\dot{g}_n^m$	$\dot{h}_n^m$	n	m	$\dot{g}_n^m$	$\dot{h}_n^m$
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 $N=8$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Рекомендуемое

Параметры геомагнитного диполя на 1985 г.:

$$M = 7{,}87 \cdot 10^{15}\ \text{Тл} \cdot \text{м}^3.$$

Географические координаты северного геомагнитного полюса:

$\Phi_0 =$ 79,0° северной широты,

$\Lambda_0 = 289{,}1°$ 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. Винтенко**, канд. техн. наук; **В. П. Головков**, 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. Степакин**, 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. Митяй*
Корректор *Г. И. Чуйко*

Подп. в печ. 25.01.90 1,5 усл. п. л. 1,5 усл. кр.-отт. 1,27 уч.-изд. л. Тир. 3000 Цена 5 к.

gost.e-ecolog.ru

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Даряус и Гирено, 39. Зак. 2269.