

Программа Cones вычисляет асимптотические направления прихода частиц для заданной географической точки и заданной даты. С заданной высоты выпускаются антипротоны различной жёсткости, прослеживаются их траектории и определяются асимптотические координаты прихода частиц. Программа может считать траектории в одной из заданных моделей магнитосферы: диполь, IGRF, Цыганенко-89, 96, 02. Частицы выпускаются с заданными вертикальными и азимутальными углами.

Все задаваемые параметры прописываются в файле Cones.ini.

Input parameters for the program CONES:

01.07.2015 Date

00:00:00 Time

1.37 Solar wind dynamic pressure (nP) 0.1 - 4

-23.0 Dst-index (nT) +50 - -500

-2.20 IMF By (nT) +30 - -30

-4.40 IMF Bz (nT) +30 - -30

6.49 G1

11.51 G2

10.0 G3

3 Kp-index

10 Model 00-dipole, 10-IGRF, 89-T89_Kp, 96-T96_01, 01-T01_01, 03-T01S

20.00 Height (km)

0 Output in GEO [0], GSE [1] or GSM [2]

-180. 180. Longitudinal limits for graphics

Geogr.latitude and longitude, vertical and azimuthally angles

c 35.00 -106.00 0 0 Albuquerque

c 43.10 76.60 0 0 AlmaataB

67.57 33.39 0 0 Apatity

c 37.58 23.47 0 0 Athens

c -41.00 174.00 0 0 Arneb

c 43.28 42.69 0 0 Baksan

c 78.08 14.15 0 0 Barentsburg

Set of rigidities

999.00

500.00

200.00

170.00

160.00

150.00

140.00

130.00

120.00

110.00

100.00

90.00

80.00

70.00

64.00

63.00

61.00

60.00

59.00

58.00

57.00

56.00

53.00

50.00

30.00
20.00
15.00
12.00
11.00
10.50
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.90

где

- Дата, время UT.
- Далее идут 8 параметров для различных моделей магнитосферы.
Диполь и IGRF не нуждаются во входных параметрах.
T-89 – использует только Kp-индекс.
T-96 - использует первые 4 параметра, а
T-01 - использует первые 6 параметров.

Модель	Задаваемые параметры	Диапазон изменений параметров
Диполь	нет	нет
IGRF	Эпоха	1900–2050 (экстраполяция 2020–2050)
IGRF+T89	Дата и время Kp	1900–2050 (экстраполяция 2020–2050) 0÷9
IGRF+T96	Дата и время Динамическое давление солнечного ветра (nPa) D _{st} -index (nT) IMF B _y (nT) IMF B _z (nT)	1900–2050 0.1÷4 +50÷-500 ±30 ±20
IGRF+T01	Дата и время Динамическое давление солнечного ветра (nPa) D _{st} -index (nT) IMF B _y (nT) IMF B _z (nT) G ₁ G ₂ G ₃	1900–2050 0.1÷4 +50÷-500 ±30 ±20 0÷20 0÷20 0÷20

- Далее идёт высота, с которой запускаются вверх антипротоны (20 км).
- Далее идет тип системы координат GEO, GSE или GSM в которой вычисляются асимптотические направления.
- Далее – диапазон долгот для формирования графиков.
- Далее – идет закомментированный список детекторов, которому предшествуют координаты (широта и долгота) и угол старта частиц (зенитный и азимутальный угол). Вычисления проводятся только для не комментированных детекторов.

- Далее – идет список жесткостей, для которых вычисляются асимптотические направления.

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

По завершению работы программы выводятся файл Cones.dat одна строка на каждую жёсткость: Жёсткость, широта и долгота.

Rig_GV ApaLa ApaLo

999.00	67.5	35.2
500.00	67.5	36.9
200.00	67.1	42.0
170.00	66.9	43.4
160.00	66.8	44.0
150.00	66.7	44.6
140.00	66.6	45.4
130.00	66.5	46.2
120.00	66.3	47.2
110.00	66.1	48.3
100.00	65.8	49.5
90.00	65.4	51.0
80.00	64.9	52.8
70.00	64.2	54.8
64.00	63.6	56.3
63.00	63.5	56.5
61.00	63.2	57.0
60.00	63.1	57.3
59.00	63.0	57.5
58.00	62.8	57.8
57.00	62.7	58.1
56.00	62.5	58.4
53.00	62.1	59.2
50.00	61.5	60.1
30.00	54.5	66.2
20.00	46.6	67.0
15.00	41.2	65.0
12.00	38.5	63.2
11.00	38.0	62.9
10.50	37.8	62.9
10.00	37.6	63.1
9.00	37.2	64.1
8.00	36.2	66.2
7.00	33.4	69.1
6.00	28.5	70.8
5.00	24.2	70.1
4.00	22.2	73.0
3.00	14.0	76.2
2.00	4.7	85.4
1.00	-12.2	120.1
0.90	-12.2	130.3

ВЫЧИСЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ.

- **Вычисление** динамического давления солнечного ветра.

Давление солнечного ветра – величина производная от скорости и плотности плазмы солнечного ветра и вычисляется по формуле: $P=1.673 \cdot 10^{-6} \times n \times V^2$, где P – давление [nPa], n – плотность частиц [cm^{-3}], V – скорость частиц [km/s].

• **Вычисление G_1 , G_2 и G_3 .**

На странице Цыганенко <http://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/modeling.html> есть сведения о модели T02. Имеются ссылки на две статьи ([Paper I](#) и [Paper II](#)), в которых эта модель описана. Во второй статье есть формулы для G_1 и G_2 .

• **Вклад тока в хвосте магнитосферы**, который оказывает большое влияние на внутреннюю и ближнюю магнитосферу, учитывается в линейном приближении введением параметр G_1 .

$$G_1 = V \cdot h(B_{\perp}) \sin^3 \frac{\theta}{2}. \quad (1)$$

Здесь среднечасовые значения параметров, полученные любым способом, а именно V – скорость солнечного ветра,

$B_{\perp}$ – перпендикулярная (transverse) компонента IMF, т.е. $B_{\perp}^2 = B_y^2 + B_z^2$ и всегда положительна. Система координат GSM. Функция $h(B_{\perp}) = B_{\perp/40}^2 / (1 + B_{\perp/40})$, $B_{\perp/40} = B_{\perp} / B_0$ для значений $> B_0 = 40$ nT.

θ – угол между вектором $B_{\perp}$ и осью Z (Цыганенко называет это "clock angle of the IMF transverse component", а Акасофу "polar angle of the IMF"). Этот угол от 0 до 180 градусов.

Если принять $V = 400$ km/s, $B_{\perp} = 5$ nT, $\theta = 180$ градусов, то для G_1 получаем $G_1 = 400 \times 0.014 \times \sin^3(180/2) \approx 6$. Диапазон изменений G_1 $0 \leq G_1 \leq 20$.

• **Сдвиг хвостового тока в хвосте магнитосфере** учитывается в линейном приближении введением параметр G_2 , определяемого как [<http://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/T01b.pdf>]:

$$G_2 = aVB_s, \quad (1)$$

где V и B_s скорость солнечного ветра и южная компонента межпланетного магнитного поля IMF ($B_s = |B_z|$ для $B_z < 0$ и $B_s = 0$ при $B_z > 0$) соответственно; данные усреднены за предшествующий 1-часовой интервал. Постоянный множитель $a = 0.005$ был введен только для удобства, чтобы сохранить параметр G_2 в диапазоне $0 \leq G_2 \leq 10$, для обычно наблюдаемых значения V и B_s . Например, для нормальных межпланетных условий ($V = 400$ км/с, $B_y = 0$ и $B_z = 5$ nT) параметр G_2 равен 10. Действительно, $G_2 = a \cdot 400 \times 5 = 10$.

Уравнение (1) является лишь одним из возможных вариантов реализации предположения, что вариации конвекционного электрического поля, связанные с южной компонентой IMF, должно привести к пропорциональному сдвигу токового слоя в хвосте магнитосферы.

• **Модификация T02 для условий бури (Storm) для описания зависимости кольцевого тока (G_3). Модель T02s.**

[<https://pdfs.semanticscholar.org/665a/f74079ff64c532e836746fe4fe22995d2fc0.pdf>]

Вместо линейной зависимости кольцевого тока от Dst-индекса в модели T02, введен нелинейный член с управляющей переменной G_3

$$G_3 = anVB_s, \quad (3)$$

основанный на зависимости от энергии солнечного ветра. Как и G_2 , параметр G_3 был определен как средняя за предыдущий 1-часовой интервал геоэффективная характеристика солнечного ветра. Он отличается от параметра G_2 в том, что в дополнение к скорости солнечного ветра V и южный компонент IMF B_s , G_3 также включает плотность частиц солнечного ветра n .

Постоянный множитель $a = 0.0005$ введен для удобства, чтобы сохранить параметр G_3 в диапазоне $0 \leq G_3 \leq 10$, для обычно наблюдаемых значения n , V и B_s . Например, для нормальных межпланетных условий ($n = 10$ cm⁻³, $V = 400$ км/с, $B_y = 0$ и $B_z = 5$ nT) параметр G_3 равен 10. Действительно, $G_3 = a \times 10 \times 400 \times 5 = 10$.

Идея замены Dst функцией G_3 вытекает из того, что быстрое нарастание кольцевого тока является результатом сильного усиленной, непосредственно конвекция из хвоста, и он также должен быстро спадать на этапе восстановления. Этот тип поведения легко воспроизводится ведущей переменной G_3 , тогда как индекс D_{st} может оставаться довольно низким в течение многих часов после того, как основная фаза бури, из-за гораздо более медленно распадающегося симметричного токового кольца.