

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ  
ԵՐԵՎԱՆՍԿԻ ֆԻԶԻԿԵՍԿԻ ԻՆՏԻՏՈՒՏ

ՏՄ ԿԳ 04496

ЕФИ-255(48)-77

Տ.Կ.ԱԿՕՓՅԱՆ, Դ.Ա.ԱՏԱՏՐՅԱՆ, Խ.Ս.ԲԱԲՅԱՆ

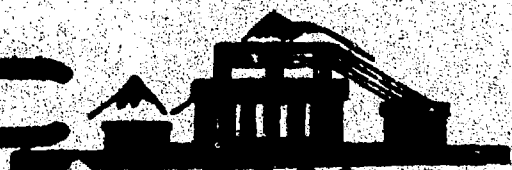
ԵՕՄԱԳՆԻՏՆԻ ՍՐՈԳ ՕԲՐԵԶԱՆԻԱ

ՄԻՐՈՒԹՅԱՆ  $34,5^{\circ}N$

ԱՐՄՍ

ԵՐԵՎԱՆ

1977



ԵՐԵՎԱՆ

ЕФН-255(48)-77

S.K.AKOPYAN, G.A.ASATRYAN, Kh.P.BABAYAN

GEOMAGNETIC CUT-OFF THRESHOLD OF 34.5 N  
LATITUDE

An experimentally verified value of geomagnetic cut-off threshold for 34.5 N latitude is given.  $E_g = 7.6 \pm 0.1$  GeV is obtained by means of comparison of calculation values with the experimental data, got with the help of РКН radiosonde.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1977

ЕФИ-255(48)-77

УДК.537.591:550.38

С.К.АКОПЯН, Г.А.АСАТРЯН, Х.П.БАБАЯН

ГЕОМАГНИТНЫЙ ПОРОГ ОБРЕЗАНИЯ  
ШИРОТЫ  $34,5^{\circ}N$

Приведено экспериментально проверенное значение геомагнитного порога обрезания для геомагнитной северной широты  $34,5^{\circ}$ . Путем сопоставления расчетных значений с экспериментальными данными, полученными с помощью радиозондов РКИ, получено.  $E_g = 7,6 \pm 0,1$  Гэв

Ереванский физический институт  
Ереван 1977

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-255(48)-77

С.К.АКОПЯН, Г.А.АСАТРЯН, Х.П.БАБАЯН

ГЕОМАГНИТНЫЙ ПОРОГ ОБРЕЗАНИЯ

ШИРОТЫ  $34,5^{\circ}N$

Ереван 1977

© **Ереванский физический институт, 1977**

В настоящей работе приводится экспериментально проверенное значение геомагнитного порога обрезания. Путем сравнения расчетных значений с экспериментальными данными, полученными с помощью радиозондов РКИ для широты  $34,5^{\circ}N$ , получено  $E_g = 7,6 \pm 0,1$  Гэв.

Результаты наблюдения интенсивности космических лучей в стратосфере в различных пунктах Земли тесно связаны с правильным определением геомагнитных порогов обрезания  $E_g$ , знание которых очень важно для анализа различных энергетических зависимостей как дополнительного потока частиц проходящего на Землю, так и различных модуляционных механизмов.

Существующие методы расчета геомагнитных порогов обрезания  $E_g$  можно разделить на две группы. К первой из них относятся приближенные методы расчетов, ко второй — численные решения уравнений движения заряженной частицы в реальном геомагнитном поле.

В первом случае для вертикально падающих частиц данной геомагнитной широты  $h$   $E_g$  определяют с помощью уравнения Штермера [1]:

$$E_{g_{min}} = \frac{M}{4R_0^2} \cos^4 h, \quad (1)$$

где  $R_0$  — радиус Земли,  $M$  — дипольный момент Земли. Величина  $M/4R_0^2 = 14,89$  Гэв.

Частицы с энергией  $E > E_{g_{min}}$  попадают в данную точку наблюдения с широтой  $h$ , в случае  $E < E_{g_{min}}$

приход частицы запрещен. Однако в области средних широт такое соотношение несправедливо, и между разрешенными и запрещенными значениями существует, так называемая полутень (или пенумбра), в которой отдельные значения  $E_g$  - разрешены, а отдельные - запрещены. Причем, согласно штермеровского конуса [2] вблизи экватора пенумбра содержит в основном запрещенные направления, тогда как в районе высоких широт имеет место обратная ситуация, пенумбра практически прозрачна.

Второй метод определения  $E_g$  включает в себя также учет недипольных членов магнитного поля Земли, вклад которых в магнитное поле Земли на расстоянии одного радиуса составляет около 20%. Поэтому потенциал геомагнитного поля можно представить в виде [3].

$$V = R_0 \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} (g_n^m \cos mh + h_n^m \sin mh) P_n^m(\cos \theta) (R_0/r)^{n+1}, \quad (2)$$

где  $r$  - расстояние от центра Земли,  $\theta$  - угол, отсчитывающийся от полярной оси;  $g_n^m$  и  $h_n^m$  - коэффициенты Гаусса, определенные для данной эпохи [4].  $P_n^m(\cos \theta)$  полиномы Лежандра. Недипольные члены существенно влияют на величину  $E_g$ . Учет этих членов магнитного поля Земли и влияние пенумбры приближенно сделаны в работе [5]. Однако, как показано в [6], анализ экспериментальных данных по планетарному распределению интенсивности космических лучей на уровне моря дает значительное расхождение между расчетными и следующими из эксперимента значениями  $E_g$ . Наиболее детальное численное интегрирование уравнения движения частицы в реальном геомагнитном поле выполнено Шеа и др. [7].

Представляет интерес проверка правильности расчетных значений  $E_g$  двумя вышеуказанными методами с помощью экспериментальных данных о космических лучах в стратосфере. При этом для сравнения эксперименталь-

ных данных с расчетными значениями  $E_g$  лучше использовать данные телескопов двойных совпадений, так как значения  $E_g$  рассчитываются для вертикально падающих на поверхность Земли частиц. Такие проверки были проведены А.Н. Чарахьяном и др. [8] и авторы этой работы делают вывод, что значения геомагнитных порогов обрезания  $E_g$ , рассчитанные методом численного расчета траекторий [7], являются более точными для северного полушария и в целом соответствуют экспериментальным данным.

Исходя из вышеизложенного, для определения геомагнитного порога обрезания  $E_g$  для нашей широты ( $40^\circ N$ ) с достаточной точностью целесообразно использовать расчетные значения  $E_g$  методом указанным в работе [7] и наши экспериментальные данные.

Экспериментальные данные вертикального потока космических лучей нами получены с помощью стандартной аппаратуры-радиозондов космических лучей (РКИ), разработанной в ФИАНе.

Датчиками в полупроводниковых радиозондах РКИ являются газоразрядный счетчик СТС-6 и телескоп, состоящий из двух таких же счетчиков, между которыми помещается фильтр 7 мм  $Al$ . Основная характеристика радиозондов дается в работе [9]. Пороговая энергия для глобального потока электронов и протонов 0,2 Мэв и 5 Мэв соответственно, а для вертикального потока 5 Мэв и 30 Мэв, соответственно.

Подъем радиозондов производится на метеорологических шарах-пилотах, высота подъема приборов достигает 30-40 км. Информация во время полета радиозонда о числе зарегистрированных датчиком частиц и об атмосферном давлении передается по радио.

Используемый в радиозонде счетчик типа СТС-6 в максимуме интенсивности космических лучей в стратосфере дает около  $1.7 \cdot 10^3$  имп./мин. Эффективность регистрации числа импульсов для такой загрузки 99%. Геометрический фактор телескопа при изотропном распределении частиц составляет  $\sim 15,3 \text{ см}^2$  стерад.

В комплект радиозонда РКИ входит также семиконтактный барограф, который дает информацию о высоте полета.

Градуировка каждого телескопа производится в лабораторных условиях в течение суток. За это время достигается статистическая точность градуировки  $\pm 1\%$ .

Интенсивность космических лучей, измеряемая на разных высотах в стратосфере, может определенным образом зависеть от температуры вышележащих слоев воздуха. Как показано в работе [10], температурный коэффициент  $\beta$  невелик и в интервале давлений

$\chi = 10 + 200 \text{ г/см}^2$  по абсолютной величине не превосходит  $0,05 \text{ \%/град}$ .

После получения первичной информации, проводя соответствующие обработки для каждого полета, мы получаем высотную зависимость ионизирующей компоненты космических лучей от плотности воздуха. Сравнение данных вертикального потока с соответствующими широтными кривыми дает порог обрезания ( $E_g$ ).

На рис.1 приведены широтные кривые вертикального потока космических лучей в стратосфере северного полушария [8], где  $E_g$  вычислен методом численного расчета траекторий и наши экспериментальные данные телескопов двойных совпадений. Эти данные относятся к интервалу времени 1.1.76 - 1.1.77г. (100 полетов).

Как видно (рис.1), экспериментально полученные данные по двум атмосферным давлениям ( $\chi = 30 \text{ г/см}^2$  и  $90 \text{ г/см}^2$ ) дают значение  $E_g$  для нашей широты  $7,6 \pm 0,1 \text{ Гэв}$ .

Следует отметить, что, как указано в работе [8], при одинаковых значениях  $E_g$  в интервале  $4 + 12 \text{ Гэв}$  все экспериментальные точки северного полушария лежат ниже соответствующих точек южного полушария. Это различие достигает 20-30%. Наличие такой "петли" даёт значительные ошибки в определении геомагнитных порогов обрезания.

С точки зрения проверки геомагнитных порогов обрезания рассмотрим результаты измерений интенсивности космических лучей одиночным счетчиком, т.е. глобальную интенсивность. В этом случае рассчитанные значения  $E_g$  для вертикально падающих на поверхность Земли частиц могут существенно отличаться от реальных величин  $E_g$  для одиночного счетчика, так как одиночный счетчик регистрирует частицы, идущие под разными углами к вертикали.

Широтные кривые одиночного счетчика для тех же глубин атмосферы приведены на рис.2. Из этих рисунков видно, что наблюдаются некоторые отклонения от плавной кривой для вертикального потока (рис.1) в интервале  $4 + 10$  Гэв. Это можно объяснить влиянием частиц, идущих под углом к вертикали, особенно в районе средних широт, где эффект пенумбры наиболее значителен. Именно в этом районе наблюдаются наибольшие нерегулярности в широтной кривой.

Вместе с тем из приведенных данных для одиночного счетчика видно (рис.2-ж), что эффективная жесткость обрезания для глобального потока частиц близка к жесткости обрезания по вертикали ( $7,6 \pm 0,1$  Гэв).

Интересно отметить, что если геомагнитный порог обрезания для данной широты вычислить уравнением (1), то получим  $E_g \approx 6,3$  Гэв в то время как мы уже показали в действительности по нашим экспериментальным данным  $E_g = 7,6 \pm 0,1$ .

Как известно, имеется много различных типов временных изменений геомагнитного поля Земли. Одни из них связаны с процессами в недрах Земли (например, вековые вариации), другие - с процессами в ионосфере в радиационных поясах Земли и т.д.

В связи с вековыми вариациями геомагнитного поля, жесткости обрезания также будут, хотя и весьма медленно, менять свои значения. Как показано Галлем [11], эти изменения могут достигать нескольких процентов, а за период с 1845 г. по 1955 г. изменение жесткости

обрезания в некоторых пунктах должно было превысить несколько десятков процентов. При этом должно меняться также положение экватора космических лучей. По результатам соответствующих расчетов Галля [11] изменение жесткости обрезания для нашей географической широты и долготы в эпохи 1845-1955 г.г. соста вляет  $\sim 2,5\%$ .

В заключение выражаем глубокую благодарность А.Н.Чарахчяну и Ю.С.Стожкову за помощь и ряд ценных советов в проведении эксперимента; С.Г.Матиняну и Э.А.Мамиджянину за постоянное внимание и интерес к работе.

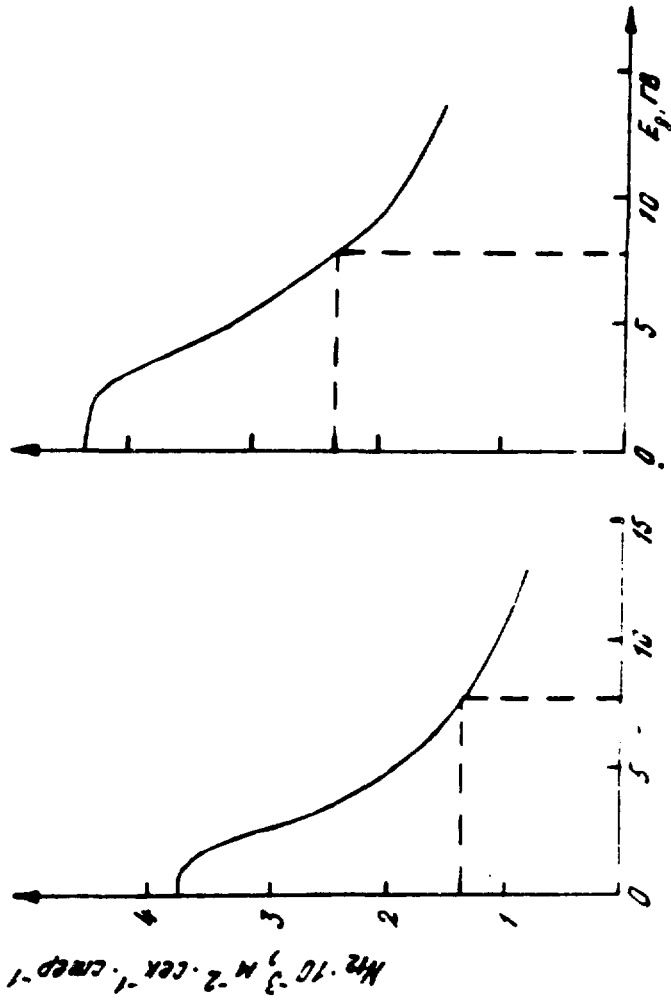


Fig. 1

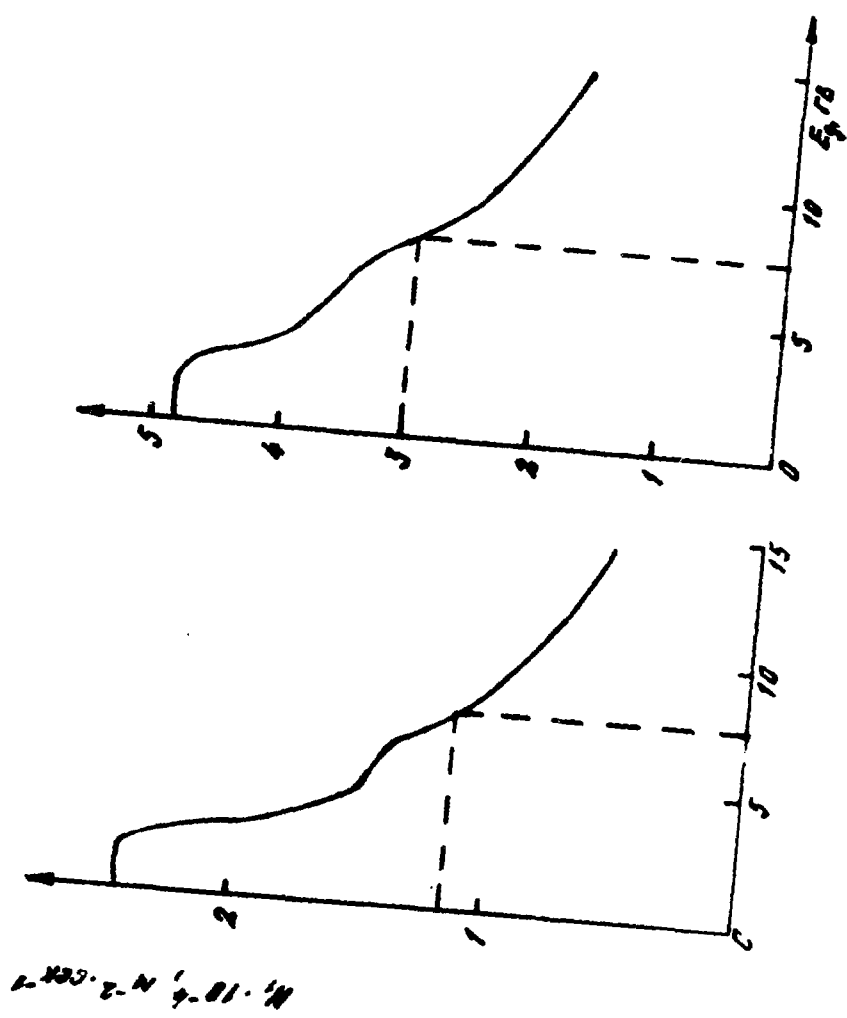


Рис.2

2-10-4-2-01-11

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Широтная зависимость вертикального потока ионизирующих частиц космического излучения в стратосфере северного полушария.

а - для атмосферного давления  $X = 30 \text{ г/см}^2$   
б - для  $X = 90 \text{ г/см}^2$ ; \* - наши экспериментальные данные для этих глубин).

Рис.2 Широтная зависимость глобального потока заряженных частиц в стратосфере северного полушария.

Обозначения те же, что и на рис.1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Х.Альфвен. Космическая электродинамика. М.,ИП,1952.
2. J.Lemetre, M.S.Volarta, Phys.Rev.,50,493 (1936)
3. Л.И.Дорман. Вариации космических лучей и исследование космоса. М, "Наука", 1965.
4. D.C.Jensen, J.C.Cain, J.Geophys.Res.67 3568, 1968
5. I.I.Quenby, G.I.Wenk. Philos. Mag.7, N.81, 1457, 1962.
6. T.Makino, Rept Ionosphere and Space Res.Japan, 17, N.3, 173, 1963.
7. M.A.Shea, D.F.Smart, J.Geophys.Res.72, N.7, 2021 1965
8. А.Н.Чарахчян и др. Труды ордена Ленина физического института им.П.Н.Лебедева АН СССР 88,3 , 1976.
9. А.К.Свиржевская, Ю.И.Стожков. Труды всесоюзной конференции по физике космических лучей, ч.2, в.3, Ташкент, 63, 1969.
10. С.Н.Вернов, А.Н.Чарахчян и др. Геомагнетизм и аэронавигация, 8, 1102, 1968.
11. R.Gall. J.Phys.Soc.Japan, 17, Suppl.A.N. p.444-448, 1962

Рукопись поступила 4-го августа 1977 г.

индекс 3624

Редактор Л.П.Мукаян  
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 1180

ВФ-03408

Тираж 299

Подписано к печати 15/ХП-77г. Формат издания 30x40

0,7 уч.изд.л. Ц. 5 к

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Мю-  
каряна 2