

**НИИЯФ  
МГУ**

ПРЕПРИНТ-90-12/158

*МГУ - 1990*

**А. А. Гусев, Г. И. Пугачева**

**ИЗМЕРЕНИЕ ЗАРЯДОВОГО СОСТАВА  
ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ  
ВНУТРЕННЕГО РАДИАЦИОННОГО  
ПОЯСА  
С ЭНЕРГИЕЙ БОЛЕЕ СОТЕН МЭВ**

МОСКВА 1990

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. В. ЛОМОНОСОВА  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

А. А. Гусев, Г. И. Пугачев

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАРЯДОВОГО СОСТАВА ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ  
ВНУТРЕННЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЛЯ С ЭНЕРГИЕЙ БОЛЕЕ  
СОТЕН КэВ

Препринт ИЯЭФФ РГУ-90- 12/158

Москва 1990

УДК 550.393

Предлагается прибор для изучения зарядового состава высокоэнергичной электронной компоненты внутреннего радиационного пояса по измерению высыпаний заряженных частиц в районе Бразильской магнитной аномалии. Прибор представляет собой телескоп из двух полупроводниковых детекторов и кристалла CsI, заключенных в охранный детектор в виде стакана из пластического сцинтиллятора. Между полупроводниковыми детекторами располагается поглотитель из пластического сцинтиллятора, просматриваемый ФЭУ. При определенной комбинации сигналов с детекторов и специфическом энерговыделении 511 КэВ в кристалле CsI прибор может регистрировать позитроны с энергией до 5 МэВ в составе высыпавшихся из пояса частиц. Из-за больших потерь энергии электронов в атмосфере энергиям частиц в несколько МэВ на саллонных высотах соответствуют энергии электронов в сотни МэВ на границе атмосферы и в поясе. Это позволит получить информацию о существовании высокоэнергичных позитронов во внутреннем РПЗ, которая в настоящее время недоступна измерениям с помощью магнитных спектрометров.

© НИИ ядерной физики МГУ, 1980

Многочисленные экспериментальные исследования потоков заряженных частиц в околоземном космосе показали, что вблизи Земли существуют радиационные пояса (РПЗ), состоящие из протонов и электронов. Вне области РПЗ существуют весьма значительные потоки альбедных частиц, состоящие преимущественно из электронов с энергией в несколько десятков МэВ. Как известно, протонный РПЗ имеет один максимум в радиальном распределении с удалением от Земли. Электронный пояс имеет два максимума и подразделяется на внутренний и внешний РПЗ. Потоки релятивистских электронов ( $E \sim 4-7$  МэВ) и протонов ( $E \sim 400$  МэВ) во внутреннем поясе сравнимы по величине, во внешнем поясе преобладают электроны.

Основные характеристики и механизмы образования частиц в радиационных поясах к концу 70-х годов были уже хорошо известны. Однако, в начале 80-х годов были выполнены эксперименты [1-4], которые показали, что во внутреннем РПЗ на  $L=1.1-1.8$  с максимумом на  $L=1.5$  [3,5] существуют значительные  $10^3 - 10^4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$  потоки захваченных высокоэнергичных электронов с энергией большей нескольких десятков МэВ.

Теория РПЗ объясняет проникновение, ускорение и накопление заряженных частиц в поясах механизмом радиальной диффузии, причиной которой являются флуктуации геомагнитного поля на границе магнитосферы. Высокоэнергичные протоны пояса имеют альбедное происхождение, т. е. рождаются от распада нейтронов, которые возникают при взаимодействии космических лучей с веществом атмосферы. Существование высокоэнергичных электронов в поясе не может быть объяснено тем же механизмом, т. к. он требует нейтронов очень высоких энергий, которых в составе альбедного излучения практически нет.

В [2,6] был предложен принципиально новый источник и механизм образования высокоэнергичных электронов во внутреннем РПЗ. Генерация электронов происходит при  $\pi^0$ -распаде заряженных пионов, образованных во взаимодействии релятивистских протонов внутреннего РПЗ с остаточной атмосферой. В [7,8] разработан способ расчета потоков захваченных электронов на основе этой гипотезы. На рис.1 приведен рассчитанный поток электронов и экспериментальные данные о спектре электронов в РПЗ, полученные в [9,4]. Видно хоро-

шее согласие расчетного и измеренного спектра электронов.

Отличием предложенного механизма от других является специфический зарядовый состав. Поскольку реакция образования  $\pi$ -мезона происходит при почти пороговой энергии протона (Е<sub>порог</sub> = 390 МэВ), что обусловлено чрезвычайно мягким спектром протонов РПЗ в области высоких энергий, возникающие пионы имеют положительный заряд. Тогда, естественно, мюоны и электроны в цепочке  $\pi$ - $\mu$ - $e$  распада также положительные. Иными словами, в [2,5-8] предсказано существование естественного радиационного пояса позитронов.

Это предсказание имеет как чисто научное значение, так и большое прикладное значение, вследствие того, что в космосе могут существовать искусственные источники позитронов. Возможность обнаружения таких источников в сильной степени зависит от уровня естественного фона позитронов в околоземном пространстве.

Публикации [2,5-8] послужили стимулом к экспериментальным исследованиям зарядового состава электронов РПЗ. Такого рода эксперименты являются весьма сложными с технической точки зрения из-за необходимости использования магнитных спектрометров. Кроме того, задача осложняется тем, что проведение экспериментов в поясах по наблюдению позитронов на фоне протонов, потоки которых превосходят эффект на несколько порядков, является трудной задачей, требующей высокой квалификации в подавлении нежелательного фона.

Исследования зарядового состава электронов в РПЗ были проведены в [9,10]. Они показали, что в области энергии 20-120 МэВ поток позитронов составляет примерно 1/3 от потока электронов во внутреннем РПЗ. На рис. 2. приведен спектр позитронов и электронов, измеренный в этих работах. Видно, что если исключить область энергий 100-140 МэВ, в которой точность измерений на краю диапазона энергий спектрометра хуже, то потоки позитронов и электронов в РПЗ примерно равны. Эти измерения являются экспериментальным подтверждением предсказанного в [2,5-8] естественного радиационного пояса позитронов. Абсолютная величина потоков позитронов РПЗ с энергией 20-120 МэВ  $\approx 10^9 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$ , что превосходит фон галактических космических лучей в этой области пространства на  $\approx 1.5$  порядка.

До сих пор остается неясным происхождение высокоэнергичных электронов ( $e^-$ ) во внутреннем РПЗ. В [5,11,12] было показано, что основной механизм накачки частиц под действием флуктуации геомагнитного поля, не может обеспечить в областях с  $L=1.2 - 1.3$  существ-

зование электронов с энергией, большей нескольких МэВ из-за медленного характера диффузии и конкурирующей роли синхротронных потерь энергии электронов в геомагнитном поле. Синхротронные потери приводят к ограничению энергии электронов  $E_{\max}(L) = 5 \cdot 10^6 D_0 L^{1/2}$  ГэВ. При  $D_0 = 10^{-13} \text{ с}^{-1}$ , являющемся усредненным коэффициентом диффузии за  $\approx 10$  лет,  $E_{\max}(L=1.2-1.3) = 5 \text{ МэВ}$  [12]. Аналитическое решение уравнения диффузии с учетом синхротронных потерь [13] также показывает, что максимум пояса электронов, который мог бы сформироваться таким механизмом, лежит на  $L=1.5$  (т.е. согласуется с экспериментом) только, если  $D_0 = 10^{-12} \text{ с}^{-1}$ , что противоречит данным по протонному РПЗ.

Эксперимент по измерению зарядового состава электронов РПЗ с помощью магнитного спектрометра является уникальным. Повторение его другой методикой, другой экспериментальной группой является не только желательным, но и совершенно необходимым.

В настоящей работе предлагается эксперимент, в котором возможно получить информацию о зарядовом составе электронного РПЗ с помощью прибора, не являющегося магнитным спектрометром, а измеряющего высыпания частиц в районе Бразильской магнитной аномалии.

Этот прибор изображен на рис. 3. Прибор предназначен для измерения потоков позитронов и электронов в диапазоне энергий 0.1 - 5 МэВ, а также спектра электронов с энергией 5-25 МэВ и протонов с энергией 60-200 МэВ.

Прибор представляет собой телескоп из двух полупроводниковых детекторов, между которыми располагается слой пластического сцинтиллятора, толщиной 2.5 см, просматриваемый ФЭУ. Под телескопом расположен диск из кристалла CsI, толщиной 4 см, уложенный в стакан из пластического сцинтиллятора. Диск и стакан образуют один детектор-"фосфич", просматриваемый одним ФЭУ. Сигналы с ФЭУ "фосфича" включены в схему отбора сигналов по форме импульса, так что частица, прошедшая пластический детектор, исключается. Тем самым исключаются релятивистские протоны и электроны с  $E > 25 \text{ МэВ}$ . Нерелятивистские протоны отличаются от электронов по регистрации повышенного энерговыделения в ПП1 и ПП2 детекторах.

Для регистрации электронов в детекторе ПП1 требуется энерговыделение, равное энерговыделению от одной релятивистской частицы: ПП1(1). В сцинтилляционном счетчике требуется зарегистрировать энерговыделение, меньшее или равное 5 МэВ. В ПП2 детекторе не должно быть зарегистрировано сигнала; для регистрации электронов и

позитронов с  $E \approx 5 \text{ МэВ}$  он должен быть включен на антисовпадения:  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}$ .

В кристалле CsI для регистрации позитрона должно быть зарегистрировано энерговыделение  $511 \text{ КэВ} \pm 30\%$ : CsI(511), в антисовпадательном стакане А не должно быть быстрого сигнала:  $\bar{A}$ . Таким образом разные частицы регистрируются при соответствующих комбинациях сигналов в детекторах:

позитроны $E \approx 5 \text{ МэВ}$ :	$PP(C)C(C(0.1-5 \text{ МэВ})\bar{P}\bar{P}\bar{A}(C)CsI(511))\bar{A}$ ,
электроны $E \approx 5 \text{ МэВ}$ :	$PL(C)C(C(0.1-5 \text{ МэВ})\bar{P}\bar{P}\bar{A}(C)\bar{C}\bar{S}\bar{I}(511))\bar{A}$ ,
электроны $E \approx 5 \text{ МэВ}$ :	$PP(C)C(C(0.1)PP\bar{A}(C)CsI(0))\bar{A}$ ,
протоны $E(50-120 \text{ МэВ})$ :	$PP(C)C(C(0.1)PP\bar{A}(C)CsI(0))\bar{A}$ ,
протоны $E(120 \text{ МэВ})$ :	$PP(C)C(C(0.1)PP\bar{A}(C)CsI(0))\bar{A}$ .

Апертура прибора  $\pm 30^\circ$ , вес 3 кг, потребляемая мощность 5 Вт.

Используя описанный выше прибор для изучения высыпаний частиц в районе Бразильской магнитной аномалии, можно получить информацию о зарядовом составе частиц во внутреннем РПЗ.

В [14] в районе Бразильской аномалии были зарегистрированы высыпания частиц, которые аппаратура могла идентифицировать только как суммарный поток электронов с  $E > 7 \text{ МэВ}$  и протонов с  $E > 60 \text{ МэВ}$ . Поскольку высыпания наблюдались к западу от аномалии, был сделан вывод, что это высыпания электронов, а не протонов или позитронов.

Установка прибора, который способен отличить сорт частиц, позволит не только по месту наблюдения, но и по данным прибора, указать природу высыпавшихся частиц и их энергию.

Здесь следует сразу же заметить, что область наблюдений в районе Бразильской аномалии, - это область низких широт и прибор, ориентированный в зенит, измеряет потоки частиц с достаточно большими питч-углами ( $> 60^\circ$ ). Такие частицы, если они высыпаются извне атмосферы на высоты 40-50 км, движутся, вращаясь в магнитном поле и проходят слой вещества существенно больший, чем просто толщина вещества над прибором в несколько  $\text{г/см}^2$ . В [15] было показано, что электрон с энергией 150 МэВ, выходящий из атмосферы с глубины  $0.1 \text{ г/см}^2$ , двигаясь с питч-углом близким к  $90^\circ$ , теряет практически всю свою энергию, когда выходит из атмосферы. Это означает, что если мы будем наблюдать электроны или позитроны с энергией в несколько МэВ на высотах 40-50 км, то вне атмосферы эти частицы имели энергию порядка сотен МэВ. В настоящее время для района Бразильской аномалии выполняется численное решение уравнения Лоренца, описывающего движение электрона в геомагнитном поле, с учетом потерь энергии

электронов в атмосфере. В результате решения можно будет пересчитать зарегистрированную на высоте 40-50 км энергию электрона к энергии вне атмосферы.

Таким образом, измеряя зарядовый состав высыпаний в аномалии в области энергий несколько МэВ, мы можем получить сведения о зарядовом составе электронов пояса в области существенно больших энергий. В зависимости от высоты измерения возможно получение информации в области энергий сотен МэВ, которые не достигались в экспериментах с магнитным спектрометром. Это существенно новый принцип измерения зарядового состава частиц РПЗ. Преимуществом этого метода является возможность производить измерения, относящиеся к РПЗ, в обстановке низкого фона.

В последнее время было обнаружено, хотя и с низкой статистикой в 5 событий [16], что высыпания частиц из внутреннего РПЗ предшествуют землетрясения. Это явление, будучи достаточно хорошо изучено, могло бы быть использовано для сейсмопрогнозирования.

В [16] не было достоверно установлено, какая именно компонента высыпается: протоны или электроны. Однако, было указано, что высыпаются высокоэнергичные ( $>100$  МэВ) частицы. Предложенный прибор может отличить, какая именно компонента высыпается и быть применен для исследования связи высыпаний с сейсмоактивностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Гальпер, В. М. Грачев, В. В. Дмитренко и др. Космические исследования, 1981, Т. 19, №4, С. 645.
2. Р. Н. Басилова, А. А. Гусев, Г. И. Пугачева, и др. Геомагнетизм и аэрономия, 1982, Т. 22, №4, С. 671.
3. А. М. Гальпер, В. М. Грачев, В. В. Дмитренко и др. Письма в ИЭФ. 1983, Т. 38, №8, С. 409.
4. С. И. Никольский, В. Г. Синицина. Краткие сообщения по физике, 1983, № 11, С. 21.
5. Гусев А. А., Пугачева Г. И. Высокоэнергичные вторичные электроны в магнитосфере Земли. Москва, 1987. Препринт №87-003. НИИЯФ МГУ.
6. L. Just, K. Kudela, A. A. Gusev, G. I. Pugacheva. Journal of Geophysic 1983. V. 57 P. 247.
7. А. А. Гусев, С. И. Никольский, Г. И. Пугачева, В. Г. Синицина. Известия АН СССР, Сер. физ., 1984, Т. 46, №11, С. 2185.
8. А. А. Гусев, Г. И. Пугачева. Геомагнетизм и аэрономия. 1982. Т. 22.



С. 912.

9. С. А. Воронов, А. М. Гальпер, В. В. Дмитренко и др. Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 43. С. 240.
10. С. А. Воронов, А. М. Гальпер, М. В. Гузенко и др. -Космические исследования, 1986. Т. 23. N4. С. 852.
11. A. A. Gusev, K. Kudela, L. Just, G. Pugacheva, 20<sup>th</sup> Int. Cosmic Ray Conf., 1987. V. 4. SH12.1-1. P. 446.
12. А. А. Гусев, Г. И. Пугачева, -Материалы всесоюзной конференции по космическим лучам, Алма-Ата, 1989, часть 1, С.170. Министерство народного образования Казахской ССР, Казахский Госуниверситет.
13. В. В. Дмитренко, В. В. Комаров, Б. А. Тверской. Геомагнетизм и аэронавтика. 1987. Т. 27. С. 488.
14. I. Martin, D. B. Rai, R. Palmeira et al. Nature Physical Science, 1973. V. 240. No. 100. P. 84.
15. А. А. Гусев, Г. И. Пугачева, 1982. Т. 22, С. 487
16. S. A. Voronov, A. M. Galper, S. V. Koldashev et al. 20<sup>th</sup> Int. Cosmic Ray Conf. 1987, V. 4. SH 12.1-4. P. 451.

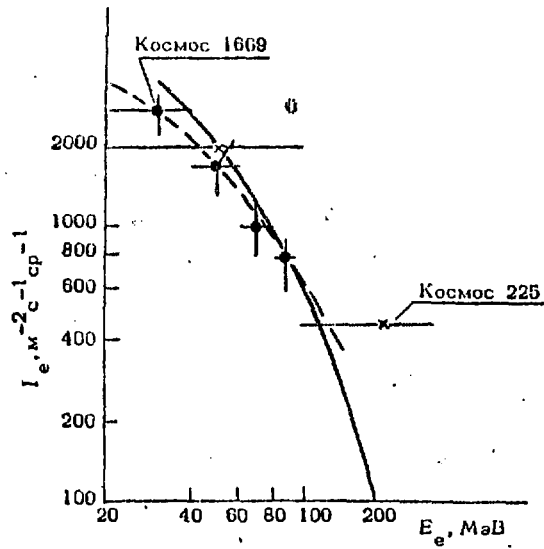


Рис.1. Спектр захваченных электронов, рассчитанный на основе их рождения от протонов внутреннего радиационного пояса.

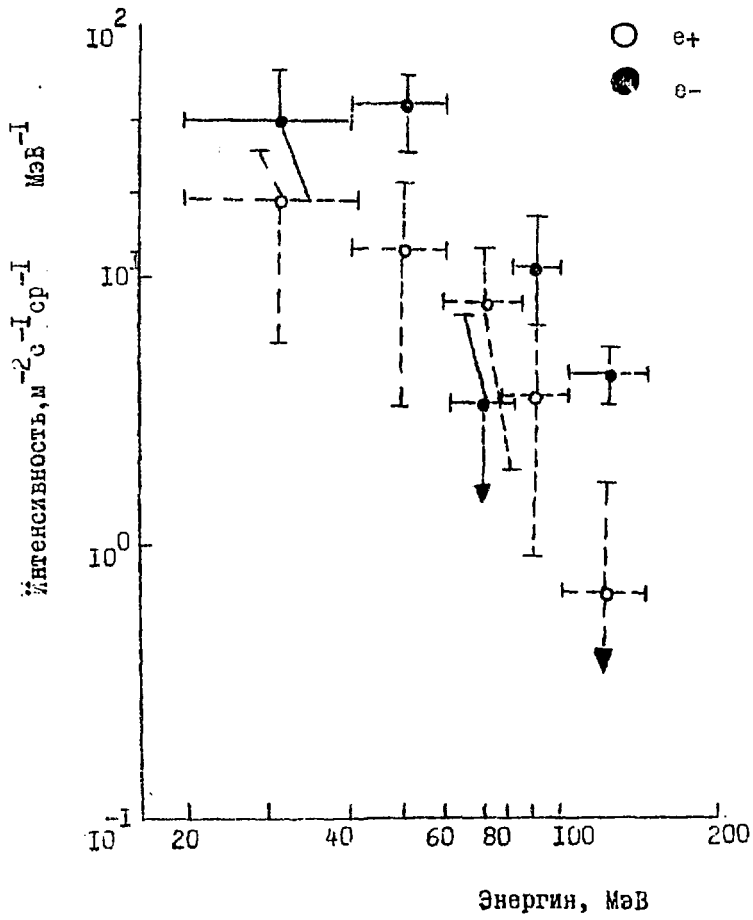


Рис.2. Энергетические спектры электронов и позитронов  
в радиационном поясе

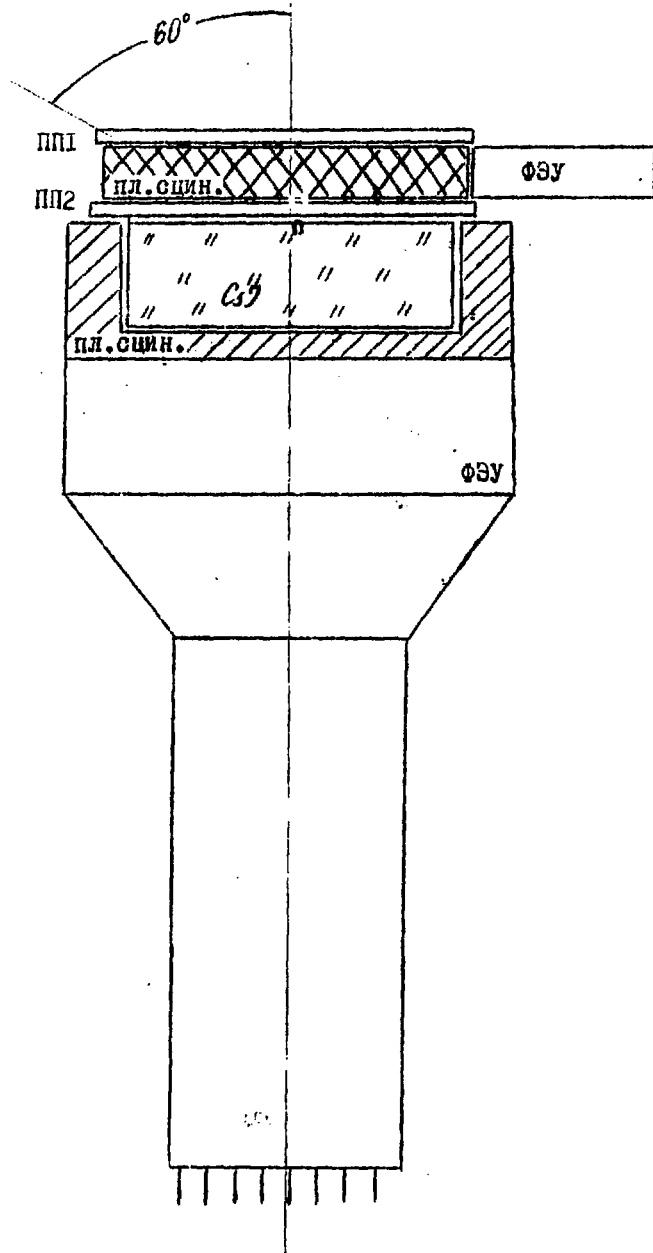


Рис 3. Детектор.

MOSCOW STATE UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS

A.A.Gusev and G.I.Pugacheva

MEASUREMENT OF CHARGE COMPOSITION OF ELECTRONS WITH  
AN ENERGY ABOVE HUNDREDS MeV IN INNER RADIATION BELT

Preprint INP MSU - 90 - 12/158

MOSCOW

1990

Numerous experimental investigations of the fluxes of charged particles in the space near the Earth have shown that near the Earth there exist radiation belts (ERB) which consist of protons and electrons. Outside the ERB region there exist rather large fluxes of albedo particles which consist mainly of electrons with an energy of a few tens of MeV. As it is known, the proton ERB has a maximum in the radial distribution. The electron belt has two maxima and it is divided into inner and outer ERB. The fluxes of relativistic electrons ( $E > 4$  MeV) and protons ( $E > 400$  MeV) in the inner belt are comparable in magnitude, the outer belt consists mainly of electrons.

The main mechanisms of particle production in the radiation belts had been well studied by the end of 70's. However, the experiments /1-4/ carried out in the early 80's, showed that in the inner belt at  $L = 1.1-1.8$  there exist considerable,  $10^3 - 10^4 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$  fluxes of trapped high-energy electrons with an energy above a few tens of MeV with a maximum at  $L = 1.5, 3, 5$ .

The theory of trapped radiation, which has been developed as early as the end of 60's, accounts for the propagation, the acceleration and the accumulation of charged particles in the belts by the radial diffusion which is due to fluctuation of the geomagnetic field at the magnetosphere boundary. The high-energy protons of the belt are of albedo origin, i.e. they are produced from the decay of neutrons arising in the interaction of cosmic rays with the atmosphere. The high-energy electrons cannot be associated with the same mechanism since it requires neutrons of very high energies, absent from the albedo radiation.

In /2,5/ we suggested a basically new source of high energy electrons in the inner belt. The electron generation arises from the  $\pi^- \rightarrow e^-$  decay of charged pions produced in the interaction between the relativistic protons of the inner belt and the residual atmosphere. Based on this hypothesis, a method of calculation of trapped electrons was developed in /7,8/. Figure 1 presents the calculated electron flux and the experimental data /9,4/. As one can see from the figure, the calculated electron spectrum is in satisfactory agreement with experiment.

The suggested source differs from the previous ones by the charge composition. Because of extremely soft spectrum of inner belt protons with some hundreds MeV energy, pions are generated near the threshold proton energy ( $E \approx 390$  MeV). So the pions produced have the positive charge. Hence, naturally, muons and electrons in the  $\pi^+ \rightarrow e^+$  decay chain are also positive. Thus, in refs./2,5-8/ the existence of a natural radiation belt of positrons was predicted.

This phenomenon is of much scientific and, perhaps, of still much more practical consequence, considering the fact that the spacecrafts often carry fast neutron reactors which are an artificial positron source. The possibility of detection of such sources depends essentially on the level of the natural positrons background in the Earth vicinity.

The papers /2,5-8/ gave a push to experimental investigations of the charge distribution of the inner belt electrons. Technically, these experiments are rather sophisticated since they require the use of magnetic spectrometers - one of the most complex types of instruments used in cosmic researches. Besides,

the positron identification in the inner belt from the proton background, whose fluxes exceed the effect by a few orders, is a difficult task which calls for the high skill in the rejection of unwanted background.

The study of the charge composition of trapped electrons was conducted in /9,10/. It was shown that in the 20-120 MeV energy region the positron flux is approximately one third as large as the electron flux in the inner belt. Figure 2 shows the measured positron and electron spectrum. One can see from this figure that the positron and electron fluxes are almost equal, except for 100-140 MeV energy region where the accuracy of measurement at the edge of the spectrometer energy range is the worst. These measurements confirm the existence of the natural positron radiation belt predicted in /2,5-8/. The mean absolute magnitude of positron fluxes with an energy of 20-120 MeV is approximately  $10^3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$  on  $L = 1.2-1.3$  which is  $10^2$  orders of magnitude higher than the background of galactic cosmic rays in this region.

The origin of high-energy electrons ( $e^-$ ) in the inner belt is still unknown. It was shown in /5,11,12/ that the inward radial particle diffusion from the peripheral regions of magnetosphere due to magnetic fluctuations cannot at  $L = 1.2-1.3$  give rise to electrons with an energy above a few MeV because of the slow rate of the diffusion process and the competing role of the synchrotronous loss of electron energy in the geomagnetic field. The synchrotronous loss leads to the upper bound of the electron energy  $E_{\text{max}}(L) = 5 \cdot 10^8 D_0 L^{14} \text{ GeV}$ . If  $D_0 = 10^{-13} \text{ s}^{-1}$ , which is an averaged diffusion coefficient over 10 years,



$E_{\max}$  ( $L = 1.2-1.3$ ) = 5 MeV /12/. The analytic solution of the diffusion equation with allowance for the synchrotrons loss /13/ also shows that the maximum of the electron belt, generated by this mechanism, is located at  $L = 1.5$  (i.e. agrees with experiment) only if  $D_0 = 10^{-12} \text{ s}^{-1}$  which conflicts with the trapped proton data.

The experiment with a magnetic spectrometer is unique now and it is not only desirable but highly necessary to make measurements with a different method, and by a different experimental group.

The present paper suggests an experiment which can give information about the charge composition of the electron, using a special device detector which is not a magnetic spectrometer but measures positron and electron precipitations in the region of the Brazil South-Atlantic magnetic anomaly. This instrument is shown in fig.3. The instrument is intended to measure positron and electron fluxes in the 0.1-5 MeV energy range and, also, the spectrum of 5-25 MeV electrons and 50-120 MeV, protons.

The device is a telescope consisting of two semiconductor detectors (SC1 and SC2) with a 2.5 cm thick plastic scintillator in between. Under the telescope there is a 4 cm thick CsI crystal disk shielded by plastic scintillator. The disk and the shield make up a detector "phosphich". Light signals from this "phosphich" photomultiplier are placed in the pulse-shape discriminator, which excludes the particles which have passed through the plastic scintillator. The relativistic protons and electrons with  $E > 25$  MeV will, thereby, be excluded. The nonrelativistic protons are separated from electrons by the in-

creased energy release in the SC1 and SC2 detectors.

The SC1 detector registers electrons when the energy release is equal to an ionisation from a single relativistic particle (SC1 (1) signal). In the scintillator the energy release less or equal to 5 MeV must be registered. Simultaneously the SC2 detector should not register a signal. To register electrons and positrons with E 5 MeV, it should be in anticoincidence: SC2.

The energy release needed to register a positron in the CsI crystal, should be equal to 511 keV  $\pm$  30%: CsI ( 511), a fast signal should not occur in the anticoincidence shielding A: A. Thus, different particles are registered corresponding to the following signal combinations in detectors:

protons E 5 MeV	SC1(1) C1(0.1-5) SC2(1)CsI (511)A
electrons E 5 MeV	SC1(1) C1(0.1-5 MeV)SC2(1)CsI(511)A
electrons E 5 MeV	SC1(1) C1( 0.1) SC2(1) CsI( 0)A
protons E (60-250 MeV)	SC1( 1)C1( 0.1) SC2( 1) CsI( 0)A
protons E 350 MeV	SC1(1) C1( 0.1) SC2(1) CsI( 0)A

The aperture of the instrument is  $\pm$  30°, the weight is 3 kg and the power consumption - 5 wt.

Using the described above instrument for studying the particle precipitations in the region of the Brazil anomaly, it is possible to obtain information about the charge composition of electrons in the inner belt.

Particle precipitations were registered /14/ in the region of the Brazil anomaly. The instrument could measure these precipitations only as the sum flux of electrons with E 7 MeV and protons with E 60 MeV. Since the precipitations were observed at the west

at the west side of the anomaly, it was concluded that the precipitating particles are electrons and not protons. Installation of the proposed instrument would enable one to determine the energy and species of precipitating particles not only by the region of observation.

It is to be noted that the Brazil anomaly region is the region of low latitudes and the zenith-oriented telescope registers particle fluxes with rather large pitch angles ( $>60^\circ$ ). These particles, if they precipitate from the outside of the atmosphere, move rotating in the geomagnetic field and pass through a layer of matter which is much larger than the width atmosphere above the instrument, equal to a few  $\text{g/cm}^2$ . It was shown in /15/ that an electron of 150 MeV energy, which outgoes from the atmosphere depths of  $0.1 \text{ g/cm}^2$ , moves with a pitch-angle close to  $90^\circ$  and loses actually the whole of its energy as it leaves the atmosphere. This means that if we observe electrons or positrons with an energy of a few MeV at altitudes of 40-50 km, then outside the atmosphere these particles possessed the energy of a few <sup>or hundreds</sup> tens of MeV. For the region of the Brazil anomaly the Lorentz equation for electron motion in the geomagnetic field is being numerically solved with allowance for the energy loss of electrons in the atmosphere. Upon solving this equation, it will be possible to derive accurately the energy outside the atmosphere from the electron energy registered at an altitude of 40-50 km.

Thus, if we measure the charge composition of precipitating particles in the anomaly in the energy region of a few MeV, we can obtain information about the charge ratio of electrons of

the belt in the region of much higher energies. Depending on the altitude, it is possible to obtain information in the energy region of hundreds of MeV which were unaccessible in experiments with a magnetic spectrometer. This is a basically new method of measurement of the charge composition belt particles. An advantage of this method is the possibility of measuring the precipitating particles from the ERB at low background.

Recently it has been revealed, though with a low statistics of 5 events /16/, that earthquakes precede particle precipitations from the inner belt. Being sufficiently well studied, this phenomenon could be used in the seismic forecast.

In /16/ it was not determined with certainty just which component is precipitating: protons or electrons. However, it was noted that the precipitating particles are of high energy ( $E > 100$  MeV). The instrument suggested can determine just which component precipitates and it can be used to study the connection of precipitations with seismic activity.

R e f e r e n c e s

1. A.M.Galper, V.M.Grachev, V.V.Dmitrienko et al. Kosmich.Issled. 1981, v.19, No.4, p.645.
2. R.N.Basilova, A.A.Gusev, G.I.Pugacheva et al. Geom. and Aeron. 1982, v.22, No.4, p.671.
3. A.M.Galper, V.M.Grachev, V.V.Dmitrienko et al. Pisma v ZhETF, 1983, v.38, No.8, p.409.
4. S.I.Nikolsky and V.G.Sinitsyna. Brief communications in physics, 1983, No.11, p.21.
5. Gusev A.A. and Pugacheva G.I. High-energy secondaries in the Earth's magnetosphere. Moscow, 1987. Preprint N 87-003. INP MSU.
6. L.Just, K.Kudela, A.A.Gusev, G.I.Pugacheva. Journal of Geophysics, 1983, v.52, p.247.
7. A.A.Gusev, S.I.Nikolsky, G.I.Pugacheva and V.G.Sinitsyna. Izv.Akad.Nauk SSSR, ser.fiz., 1984, v.48, No.11, p.2185.
8. A.A.Gusev and G.I.Pugacheva. Geom. and Aeron., 1982, v.22, p.912.
9. S.A.Voronov, A.M.Galper, V.V.Dmitrienko et al. Pisma v ZhETF, 1986, v.43, p.240.
10. S.A.Voronov, A.M.Galper, M.V.Guzenko et al. Kosmich. Issled., 1986, v.23, No.4, p.652.
11. A.A.Gusev, K.Kudela, L.Just, G.Pugacheva, 20<sup>th</sup> Int.Cosmic Ray Conf., 1987, v.4, SH12.1-1, p.446.
12. A.A.Gusev and G.I.Pugacheva. Proc. of the All-Union Cosmic Ray Conference, Alma-Ata, 1989, Part 1, p.170. Ministry of Education of the Kazakh SSR, the Kazakh State University.
13. V.V.Dmitrienko, V.V.Komarov and B.A.Tverskoy. Geom. and Aeron., 1987, v.27, p.488.

14. I.Martin, D.B.Rai, R.Palmers et al. Nature Physical Science, 1973, v.240, No.100, p.84.
15. A.A.Zusev and G.I.Pugacheva, 1982, v.22, p.487.
16. S.A.Voronov, A.M.Galper, S.V.Koldashev et al. 20<sup>th</sup> Int. Cosmic Ray Conf., 1987, v.4, SH 12.1-4, p.451.

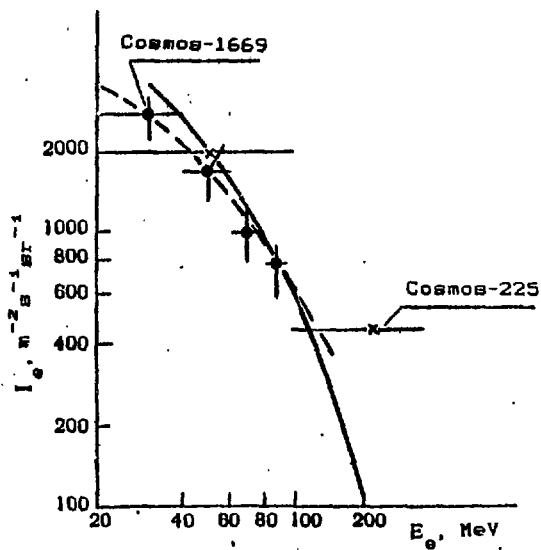


Fig.1 Numerical trapped electron spectrum, derived from mechanism of EIRB proton interactions with atmosphere.

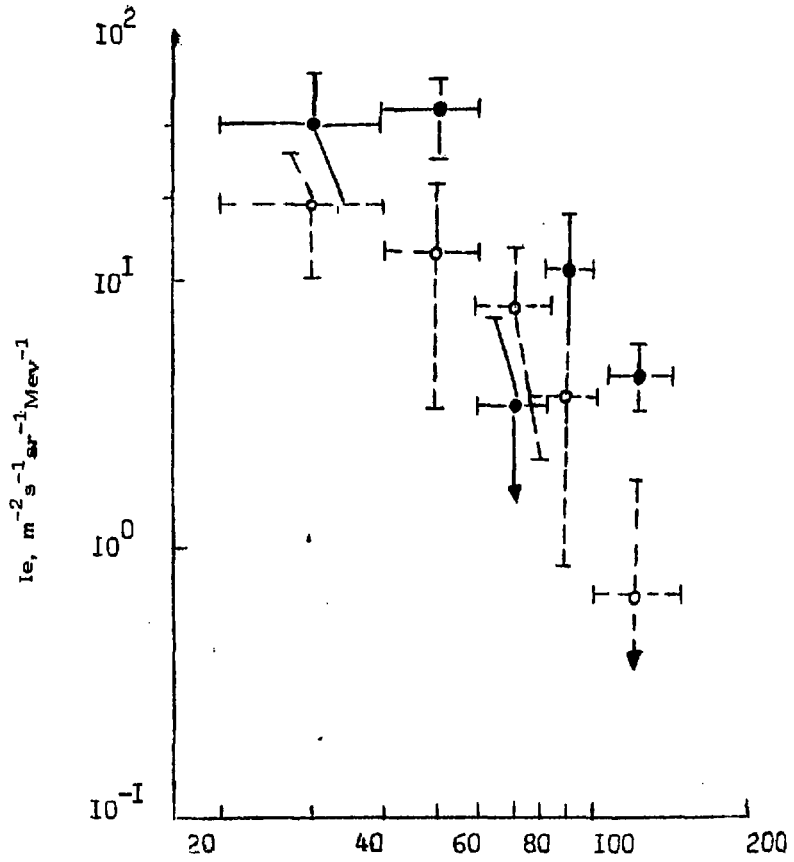


Fig.2. Electron and positron energy spectrum in inner radiation belt.



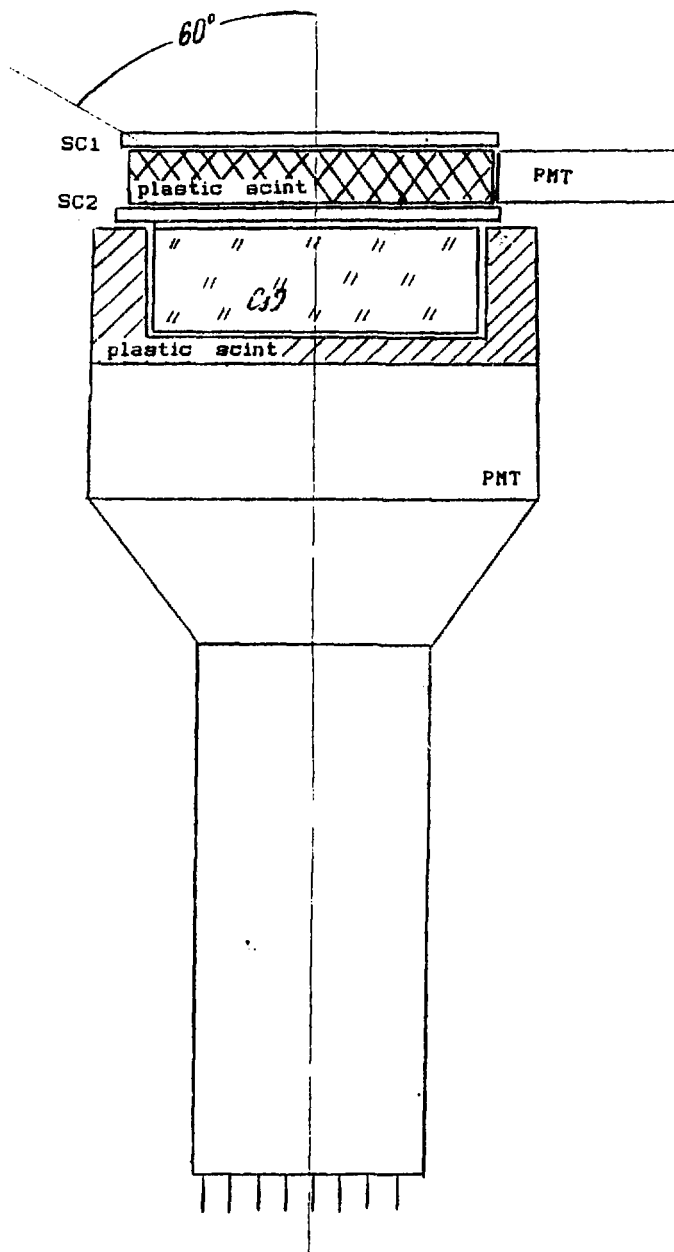


Fig.3 Detector

Анатолий Александрович Гусев  
Галина Ивановна Пугачева

**ИЗМЕРЕНИЕ ЗАРЯДОВОГО СОСТАВА ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ  
ВНУТРЕННЕГО РПЗ С ЭНЕРГИЕЙ БОЛЕЕ СОТЕН ЭВЭ**

Препринт НИИЯЭ МГУ - 90 - 12/158

Работа поступила в ОНТИ 02.02.90г.

---

Редактор

К. И. Стратилатова

---

Подписано в печать 22.02.90г.

Бесплатно.

Печать офсетная. Бумага для множительных аппаратов.

Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. - 1.56 Усл. п. л. - 1.5

Заказ № 4680

Тираж 100 экз.

---

Отпечатано в лаборатории офсетной  
печати и множительной техники  
Отдела научно-технической информации НИИЯЭ МГУ  
119899, Москва, ГСП.