

55
А-60



Научно-исследовательский институт ядерной физики

На правах рукописи

АКИМОВ ВАЛЕРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПРОТОНОВ ПЕРВИЧНЫХ
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ИСЗ "ПРОТОН-3".

Номер специальности - 01.04.16 - физика атомного ядра
и космических лучей.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА • 1974

-539.152.1

A 60

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте ядерной физики МГУ и Институте космических исследований АН СССР.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Н.Л. Григоров.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук И.П. Иваненко (ИИЯФ МГУ)
кандидат физико-математических наук Л.А. Разоренов (ФИАН)

Ведущее предприятие — Московский инженерно-физический институт.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1974г.

Защита состоится " _____ " _____ 1974г

в _____ час. на заседании секции №2 Ученого Совета ОЯФ физического факультета и ИИЯФ МГУ (Москва, Ленинские горы, 19 кор. МГУ, аудитория 2-15).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИИЯФ МГУ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИИЯФ МГУ
кандидат физико-математических наук

/В.А. Романовский/

1

Работа посвящена исследованию спектра протонов первичных космических лучей в интервале энергий 10^{10} – $5 \cdot 10^{12}$ эв за пределами атмосферы на ИСЗ "Протон-3".

Интерес к энергетическим спектрам различных компонент первичного космического излучения обусловлен двумя причинами. Во-первых, подробные сведения об энергетических спектрах первичных космических лучей необходимы для создания теории происхождения и распространения космических лучей. Во-вторых, использование космических лучей в качестве источника частиц с энергиями, недоступными в настоящее время ускорителям, для исследования характеристик взаимодействия элементарных частиц и ядер с веществом требует подробных сведений об этом источнике.

Работа состоит из 4-х глав.

В первой главе дается краткий обзор литературных данных о спектре первичных космических лучей. Наиболее исследована область энергий $\lesssim 20$ Гэв, в которой для определения энергии частиц используется дискриминирующее действие магнитного поля Земли. Совокупность данных, полученных при помощи ядерно-мультиплетных отпенок и черенковско-сцинтилляционных детекторов, поднятых к границе атмосферы на высотах аэростатах, позволяет считать, что в интервале энергий ~ 3 – 20 Гэв интегральный спектр протонов может быть описан степенной функцией с показателем $\gamma - 1 \approx 1,5$ и значением потока при $E \geq 16$ Гэв $F_p (\geq 16 \text{ Гэв}) \approx 100 \text{ м}^{-2} \text{ сек}^{-1} \text{ стер}^{-1}$. При энергиях $\lesssim 5$ Гэв спектр более пологий, и форма его меняется с изменением солнечной активности.

Объем экспериментальных данных о спектре первичных космических лучей в интервале энергий 10^{10} + 10^{14} эв невелик.

1-2428



Результаты измерения потоков различных групп ядер в этой области энергий с помощью поднятых на высотных аэростатах стопок ядерных эмульсионных и эмульсионных камер имеют малую статистическую обеспеченность и значительные неопределенности оценок энергии частиц. Косвенные данные о спектре первичных космических лучей при этих энергиях, полученные по результатам измерения спектров ядерно-активных частиц, γ - квантов и μ - мезонов в атмосфере, существенно зависят от принимаемых в расчетах характеристик взаимодействия протонов и ядер с ядрами воздуха. Разброс значений показателя интегрального спектра, полученных во всех этих экспериментах, очень велик: от $\sim 1,4$ до $\sim 1,9$.

В последние годы были проведены несколько экспериментов по измерению спектров ядер космических лучей в области высоких энергий с помощью поднятых к границе атмосферы на аэростатах магнитных спектрометров со сверхпроводящими магнитами [1,2] и ионизационных калориметров [3,4]. По данным работы [1] дифференциальный спектр протонов в области магнитных жесткостей 5-100 Гв может быть описан степенной функцией с показателем $\gamma = 2,63 \pm 0,03$. В работах [3,4] измерен спектр протонов в области энергий 30-1000 Гэв. Авторы аппроксимируют полученные спектры степенными функциями с показателем $\gamma = 2,75$.

Первые измерения спектра протонов высоких энергий за пределами атмосферы с помощью установки, содержащей ионизационный калориметр в качестве детектора энергии, были осуществлены в 1965-1966 г.г. на космических станциях "Протон-1,2 и 3". Применявшийся в этих экспериментах спектрометр энергии и зарядов СЭВ-14 был дополнен на ИСВ "Протон-3" детектором направления, содержащим направленно черенковские счетчики.

Результаты измерения спектра протонов в интервале энергий 10^{10} - 10^{13} эв прибором СЭВ-14 без детектора направления

наиболее полно изложены в работе [5], согласно которой в области энергий $2 \cdot 10^{10}$ - $2 \cdot 10^{12}$ эв интегральный спектр протонов имеет показатель $\sim 1,6$, а при энергиях $> 2 \cdot 10^{12}$ эв наблюдается резкое увеличение показателя спектра до значения $\sim 2,3$. Проведенный в работе [6] анализ ряда методических эффектов, влияющих на форму измеренного спектра протонов, привел авторов к выводу, что ни один из этих эффектов не способен вызвать столь резкое изменение показателя спектра. Дополнение прибора СЭВ-14 детектором направления ликвидировало или уменьшило влияние некоторых методических эффектов, однако одновременно произошло уменьшение почти на порядок геометрического фактора прибора. Изложение результатов измерения спектра протонов прибором СЭВ-14 с детектором направления является целью настоящей работы.

Во второй главе излагается методика эксперимента.

Прибор СЭВ-14 с детектором направления схематически показан на рис.1. Он состоит из двух идентичных половин. Каждая половина содержит следующие элементы:

- детектор заряда - двухслойный пропорциональный счетчик;
- детектор взаимодействия - сцинтилляционный счетчик, покрытый тонкой пластиной свинца;
- детектор энергии - ионизационный калориметр, состоящий из девяти слоев железного поглотителя и десяти пластических сцинтилляторов (общая толщина поглотителя составляет 2,7 пробега до ядерного взаимодействия);
- нижний сцинтилляционный счетчик, служащий для ограничения угла зрения прибора;
- ишени (фильтры), содержащие 32-35 г/см² углерода и полиэтилена, периодически устанавливаемые между детекторами

заряда и взаимодействия (наличие фильтров связано с решаемой этой же прибором задачей измерения сечений неупругого взаимодействия протонов с ядрами углерода и водорода);

- детектор направления-телескопическое устройство из двух сцинтилляционных и направленного черенковского счетчиков.

Для выполнения программы измерения спектра протонов формируются следующие элементарные сигналы:

Z_1 - амплитуды импульсов от обоих слоев пропорционального счетчика соответствуют регистрации одной однозарядной релятивистской частицы;

N_1 - амплитуда импульса от детектора взаимодействия соответствует регистрации одной однозарядной релятивистской частицы;

N_2 - амплитуда импульса от детектора взаимодействия соответствует регистрации двух и более однозарядных релятивистских частиц;

E_i ($i = 1-9$) - амплитуда импульса от детектора энергии превышает i -ый порог (девять порогов детектора энергии равномерно приблизительно равномерно в логарифмическом масштабе в интервале энергий от $\sim 2 \cdot 10^{10}$ эв до $\sim 10^{14}$ эв);

C - амплитуда импульса от нижнего сцинтилляционного счетчика превышает $\sim 0,3$ вероятного значения амплитуды от одной однозарядной релятивистской частицы;

DH - амплитуды импульсов от двух сцинтилляционных и черенковского счетчиков детектора направления превышает $\sim 0,3$ вероятных значений амплитуд от одной однозарядной релятивистской частицы, входящей в прибор со стороны детектора направления.

Из перечисленных элементарных сигналов формируются два вида событий: протонной программы измерений: $Z_1 N_1 DHE C_i$

(совпадение сигналов Z_1, N_1, DH, E_i, C) и $Z_1 N_2 DHE C_i$

(совпадение сигналов Z_1, N_2, DH, E_i, C). Оба вида событий

протонной программы измерений регистрировались только на первой половине прибора СЭЗ-14, установленного на ИСЗ "Протон-3".

Геометрический фактор прибора СЭЗ-14 с детектором направления составляет, согласно расчетам, 56 ± 6 см²стер.

Подробное описание прибора СЭЗ-14 и системы формирования регистрируемых событий содержится в работе [7].

Обработка полученной информации начиналась с дешифровки телеметрической информации с целью перехода от специфического представления данных, необходимого для передачи по телеметрии, к числу событий за заданный промежуток времени. Затем определялись средние темпы счета интересующих нас событий за периоды времени, характеризующие определенными наборами условий измерений (наличием или отсутствием фильтра, ориентацией прибора в пространстве, нагрузками детекторов и так далее). Величины средних темпов счета различных событий и их зависимости от времени и от условий измерений служили исходным материалом для анализа функционирования аппаратуры и получения окончательных результатов.

Подробное описание методики обработки научной информации ИСЗ "Протон" содержится в работе [8].

В третьей главе рассмотрены результаты измерений спектра протонов первичных космических лучей прибором СЭЗ-14 с детектором направления на ИСЗ "Протон-3".

В результате исследования зависимости от времени темпов счета событий протонной программы измерений был выбран рабо-

чий интервал времени, равный ~ 45 суткам, на котором наблюдалось стабильное функционирование аппаратуры.

Для определения направленности прибора были исследованы зависимости темпов счета событий $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ и $Z_1 N_2 DHE_{CL}$ от угла между продольной осью прибора и вертикалью к поверхности Земли. Для оценки ориентации ИСЗ "Протон-3" была использована зависимость от времени темпа счета событий $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ на I-ой половине СЗС-14. Интервалы времени, на которых темп счета этих событий обращался в нуль или был близок к нулю, интерпретировались как соответствующие ориентации прибора детектором направления в сторону Земли (телесный угол прибора затенен Землей) и были отнесены к разряду "вниз". Интервалы времени, соответствующие большому темпу счета между двумя последовательными положениями "вниз", были отнесены к разряду "вверх". Проведенный для некоторых из этих интервалов времени контроль положения продольной оси прибора относительно вертикали по данным магнитометра показал, что интервалы времени, отнесенные к разрядам "вверх" и "вниз", действительно, соответствуют преимущественной ориентации прибора в зенит и в надир.

Мерой направленности прибора служило отношение $\frac{J_{\text{вверх}}}{J_{\text{вниз}}}$ темпов счета событий при ориентациях прибора "вверх" и "вниз". Полученные отношения $\frac{J_{\text{вверх}}}{J_{\text{вниз}}}$ на первом энергетическом пороге ($\sim 2 \cdot 10^{10}$ эв) составляли $10 + 20$, на втором ($\sim 6 \cdot 10^{10}$ эв) — $5 + 15$ и на третьем ($\sim 2 \cdot 10^{11}$ эв) — $3 + 7$, что свидетельствует о хорошей направленности прибора. Наблюдаемое отношение $\frac{J_{\text{вверх}}}{J_{\text{вниз}}}$ с ростом энергии частиц объясняется возрастанием с энергией "присчета" протонов, идущих вне телесного угла прибора.

При максимальном "присчете" эффективный геометрический фактор прибора превышает расчетное значение в $\sim 1,5$ раза. Такое увеличение геометрического фактора с ростом энергии может привести к уменьшению показателя измеренного спектра по сравнению с истинным на $\Delta \gamma \approx 0,1$.

Анализ зависимостей темпов счета событий $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ и $Z_1 N_2 DHE_{CL}$ от загрузки детекторов прибора низкоэнергичными частицами показал, что просчеты этих событий при измерениях на высоких широтах не превышают $\sim 15\%$, что согласуется с оценкой возможной величины просчетов, учитывающей величину мертвых времен электроники и потоков частиц на высоких широтах.

Полученные за все время измерений спектры событий $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ и $Z_1 N_2 DHE_{CL}$ могут быть аппроксимированы степенными функциями с показателями $\sim 1,9$ для $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ и $\sim 1,5$ для $Z_1 N_2 DHE_{CL}$. Значительное различие показателей спектра объясняется ростом с энергией вероятности рассеяния частиц из развившегося в калориметре электронно-ядерного ливня в детектор взаимодействия. Увеличение амплитуды ливня от детектора взаимодействия за счет дополнительной ионизации, созданной в сцинтилляторе такими рассеянными частицами, приводит к переходу событий из разряда $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ в разряд $Z_1 N_2 DHE_{CL}$. Оценка величины этого эффекта по отношению темпов счета событий $Z_1 N_2 DHE_{CL}$ и $Z_1 N_1 DHE_{CL}$ показывает, что при энергии E_1 вероятность попадания рассеянных частиц в детектор взаимодействия близка к нулю, а при энергиях $E_4 - E_5$ ($\sim 6 \cdot 10^{11} - 2 \cdot 10^{12}$ эв) она достигает $40-50\%$. Чтобы исключить влияние этого эффекта на результаты измерений, для построения спектра протонов была использована сумма темпов счета событий

$$Z_1 N_1 DHE_{Cl} + Z_1 N_2 DHE_{Cl}.$$

При сравнении результатов измерений суммы гелпов счета событий $Z_1 N_1 DHE_{Cl} + Z_1 N_2 DHE_{Cl}$ с фильтрами и без фильтров было обнаружено, что отношение темпа счета этой суммы без фильтра к темпу счета с фильтрами уменьшается с возрастанием энергии от значения $\sim 1,0$ при E_1 до значения $\sim 0,7$ при E_5 . Этот эффект объясняется рассеянием частиц из калориметра в детектор заряда, приводящим к выбиванию событий из разряда протонных из-за дополнительной ионизации в пропорциональном счетчике. В отсутствие фильтра рассеянные частицы беспрепятственно доходят до пропорционального счетчика, что приводит к укрупнению измеренного без фильтра спектра суммы событий $Z_1 N_1 DHE_{Cl} + Z_1 N_2 DHE_{Cl}$, поскольку вероятность попадания в пропорциональный счетчик рассеянных частиц возрастает с увеличением числа частиц в электронно-ядерном ливне, то есть с ростом энергии регистрируемой частицы. При измерениях с фильтрами рассеянные низкоэнергичные частицы поглощаются в расположенном между калориметром и пропорциональным счетчиком легком веществе, поэтому для построения спектра протонов были использованы суммы темпов счета событий $Z_1 N_1 DHE_{Cl} + Z_1 N_2 DHE_{Cl}$, определенные при измерениях с фильтрами. Полученный по этим данным после учета геометрического фактора прибора, среднего коэффициента затенения апертуры прибора Землей и эффективности регистрации протонов детекторами направления и заряда интегральный спектр протонов показан на рис. 2 совместно с вычисленной методом наименьших квадратов степенной аппроксимацией

$$F(>E) = (3,24 \pm 0,03) \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{E}{10^{11}}\right)^{-1,64 \pm 0,01} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1} \text{ стер}^{-1}$$

(E выражено в эв.). При вычислении аппроксимации не принималось во внимание значение потока, полученное на первом энергетическом пороге ($E > 20$ Гэв). Это значение лежит несколько ниже приведенной аппроксимации, что может быть обусловлено двумя причинами: а) меньшей крутизной спектра протонов в интервале энергий 20 ± 60 Гэв и б) низкой эффективностью образования сигнала "С" при регистрации протонов с энергией ~ 20 Гэв. В приведенной аппроксимации указаны статистические ошибки параметров аппроксимирующей функции. Возможная систематическая ошибка в значении потока при $E > 10^{11}$ эв, связанная с неопределенностями величин геометрического фактора и эффективности регистрации однозарядных частиц детекторами направления и заряда, составляет $\pm 20\%$. Кроме того, возможно занижение измеренного потока на $\sim 10\%$ из-за просчетов в трактах формирования сигналов. Полученный показатель спектра может быть меньше истинного из-за возрастания с ростом энергии "присчета" протонов, идущих вне телесного угла прибора, на $\Delta\gamma \approx 0,1$. Неопределенность энергетической шкалы составляет $\sim 1\%$ (методика привязки данных прибора СЭЗ-14 к энергии изложена в работе [9]).

В четвертой главе проводится обсуждение полученных на ИСЗ "Протон" данных о спектре протонов первичных космических лучей.

В области энергий $6 \cdot 10^{10} - 2 \cdot 10^{12}$ эв результаты измерения спектра протонов на ИСЗ "Протон-3" прибором СЭЗ-14 с детектором направления хорошо согласуются с данными выполненными после проведения экспериментов на ИСЗ "Протон" работ [1,3,4]. Экстраполяция приведенной выше аппроксимации спектра протонов в область геомагнитных энергий дает меньшее

значение потока при энергии 16 Гэв, чем результаты измерений с помощью ядерных фотоэмульсий и черенковско-сцинтилляционных детекторов у границы атмосферы. Однако это различие лежит в пределах неопределенности привязки данных ИСЗ "Протон" к энергии.

Сравнение результатов измерения спектра протонов прибором СЭЗ-14 с детектором направления и без детектора направления показывает, что в области энергий $\sim 6 \cdot 10^{10}$ – $2 \cdot 10^{12}$ эв эти результаты хорошо согласуются. Малая статистическая обеспеченность полученных в измерениях с детектором направления данных при энергиях $> 2 \cdot 10^{12}$ эв не позволяет решить вопрос о природе укручения измеренного без детектора направления спектра протонов в этой области энергий.

Возможность увеличения показателя спектра протонов при энергиях 10^{12} – 10^{13} эв можно было бы исключить, обнаружив, что такое укручение спектра противоречит каким-либо экспериментальным данным о космических лучах. С этой целью были рассмотрены экспериментальные данные о спектре всех частиц перечисленных космических лучей и о спектрах различных компонент космических лучей в атмосфере.

Анализ формы измеренного на ИСЗ "Протон-1,2 и 5" спектра всех частиц первичных космических лучей, проведенный авторами работы [10], показал, что в районе 10^{12} эв в спектре всех частиц наблюдается нерегулярность, соответствующая резкому уменьшению потока на $\sim 55\%$, которая может быть связана с укручением спектра протонов в этой области энергий. Расчет спектра протонов на границе атмосферы по данным о потоках адронов, идущих без сопровождения на высотах гор, дает результаты, согласующиеся с аппроксимацией измеренного

прибором СЭЗ-14 без детектора направления спектра протонов в области энергий 10^{12} – 10^{13} эв, если полагать, что в этой области энергий пробег до ядерного взаимодействия протонов с ядрами воздуха не зависит от энергии. Экспериментальные данные о спектре вертикального потока μ -мезонов на уровне моря также не находятся в противоречии с результатами расчетов, выполненных в предположении укручения спектра протонов в районе 10^{12} эв и степенного характера спектра остальных ядер первичных космических лучей вплоть до 10^{14} эв. В пределах существующих неопределенностей характеристик ядерного взаимодействия протонов высоких энергий с ядрами воздуха, такому представлению о спектре первичных космических лучей не противоречат и данные о потоках γ -квантов и адронов на различных глубинах атмосферы.

ВЫВОДЫ

1. На ИСЭ "Протон" впервые непосредственно в потоке первичных космических лучей за пределами атмосферы были проведены измерения спектра протонов первичных космических лучей в интервале энергий $2 \cdot 10^{10} + 10^{13}$ эв.

2. Измеренный на ИСЭ "Протон-3" прибором СЭВ-14 с детектором направления интегральный спектр протонов первичных космических лучей может быть аппроксимирован в интервале энергий от $6 \cdot 10^{10}$ до $\sim 7 \cdot 10^{12}$ эв степенной функцией.

$$F(>E) = (3,24 \pm 0,03) \cdot 10^{-4} \left(\frac{E}{10^{11}} \right)^{-1,64 \pm 0,01} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1} \text{ стер}^{-1}$$

, где

E выражено в эв. при этом неопределенность энергетической шкалы составляет $\sim 15\%$, а возможные отклонения измеренных значений абсолютного потока при $E > 10^{11}$ эв и показателя спектра от истинных, связанные с систематическими ошибками измерений, составляют

$$F_{\text{ист}}(>10^{11}) - F_{\text{изм}}(>10^{11}) \approx \begin{pmatrix} +1,0 \\ -0,6 \end{pmatrix} \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1} \text{ стер}^{-1} \text{ и}$$

$$\gamma_{\text{ист}} - \gamma_{\text{изм}} \approx +0,1.$$

3. Полученные в измерениях на ИСЭ "Протон-3" прибором СЭВ-14 с детектором направления данные о спектре протонов первичных космических лучей находятся в удовлетворительном согласии с результатами других работ и не противоречат полученному в измерениях на ИСЭ "Протон-1, 2 и 3" прибором СЭВ-14 без детектора направления укрупнению спектра протонов в области энергий $10^{12} - 10^{13}$ эв.

4. Рассмотренные в диссертации экспериментальные данные о спектре всех частиц первичных космических лучей и о спектрах

адронов, γ - квантов и M - мезонов в атмосфере не исключают возможности укрупнения спектра протонов первичных космических лучей в области энергий $10^{12} - 10^{13}$ эв. Вопрос о форме спектра протонов при энергиях, превышающих 10^{12} эв, требует дополнительного экспериментального исследования.

Материалы, послужившие основой диссертации, опубликованы в работах [8, 11-14].

ЛИТЕРАТУРА

1. L.H. Smith, A. Baffington, G.F. Smoot et.al.,
Astrophys. Journ., 180, 987(1973).
2. H.E. Golden, J.H. Adams, W.R. Boykin et.al.,
Proc. Int. Conf. Cosmic Rays, Hobart, 1, 203(1971).
3. K. Pinkau, U. Pollvogt, W.K.H. Schmidt, and R.W. Huggett,
Acta Physica Hungaricae, 29, Suppl.3, 291(1970).
4. M.J. Rian, J.F. Ormes, and V.K. Balasubrahmanyam,
Phys. Rev. Letters, 28, No.15, 985(1972).
5. Н.Л. Григоров, В.Е. Нестеров, И.Д. Рапопорт, И.А. Савенко,
Г.А. Скуридин, Ядерная физика, 11, № 5, 1058(1970).
6. Н.Л. Григоров, В.Е. Нестеров, И.Д. Рапопорт, и др.,
"Космические исследования", 5, вып.5, 395(1967).
7. Н.Л. Григоров, Г.Н. Кахидзе, В.Е. Нестеров и др.,
"Космические исследования", 5, вып.5, 385(1967).
8. В.В. Акимов, В.В. Белецкий, В.В. Голубков и др.,
Сборник "Изучение космических лучей на ИСЗ", Москва,
Изд-во "Наука", стр.138(1973).
9. А.Ф. Титенков, диссертация, ИИЯФ МГУ, Москва, 1970г.
10. В.В. Акимов, Н.Л. Григоров, И.А. Мамонтова и др.,
Изв.АН СССР, сер. физ. 35, № 12, 2439(1971).
11. В.В. Акимов, Н.Л. Григоров, В.Е. Нестеров, И.Д. Рапопорт,
И.А. Савенко, Г.А. Скуридин и А.Ф. Титенков, "Геомагнетизм
и аэронавигация", 11, № 3(1971).
12. V.V. Akimov, N.L. Grigorov, V.E. Nesterov, I.D. Rapoport,
I.A. Savenko, G.A. Skuridin, A.F. Titenkov,
Acta Physica Hungaricae, 29, Suppl.1, 517(1970).
13. В.В. Акимов, Н.Л. Григоров, В.Д. Козлов, "Известия АН СССР",
сер. физ. 35, № 10 2040 (1971).
14. В.В. Акимов, В.Д. Козлов и В.Я. Шестопоров,
"Ядерная физика", 17, вып.5, 1025(1973).

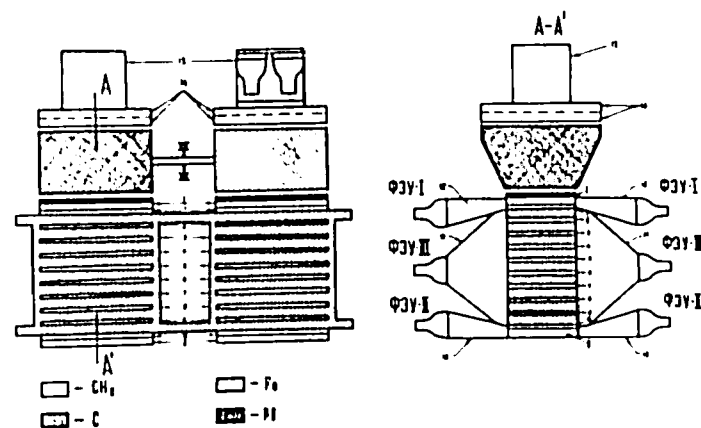


Рис.1. Схематическое изображение прибора СЭ-14.

1- детектор взаимодействия; 11- никельй скантл-
ляционный счетчик; 1-10- скантал-аторы детектора
энергии; 11,12,13- диффузоры; ФЭУ-I, ФЭУ-II, ФЭУ-III-
фотоумножители; 14- пропорциональный счетчик;
15- детектор направления.

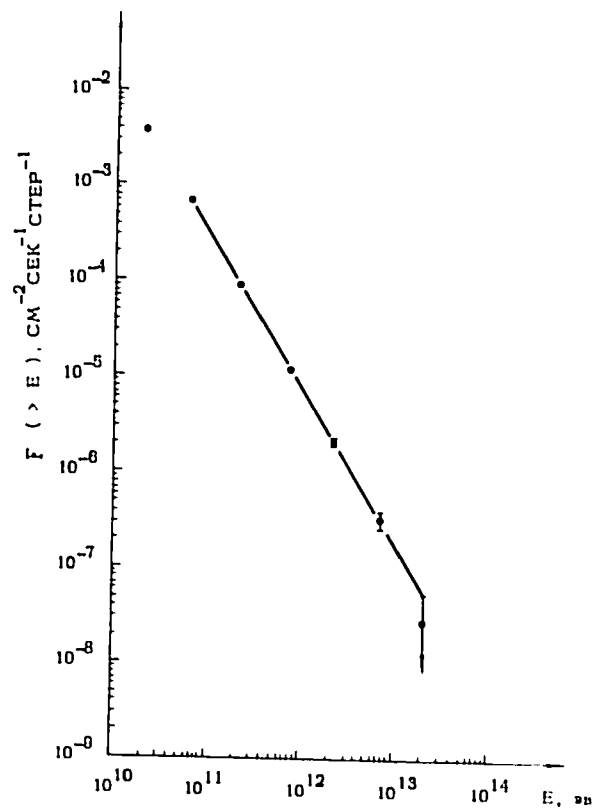


Рис. 2. Спектр протонов первичных космических лучей, полученный в измерениях на МЭ "Протон-5" прибором СЭБ-14 с детектором направления.

ПОДП. К ПЕЧАТИ 27/ХП-73 Г. Л-80308. Ф. 80x80/18
 ФИЗ.П.Л. 1.0. ЗАКАЗ 2428, ТИРАЖ 200 ЭКЗ.

ОТПЕЧАТАНО НА РОТАПРИНТАХ В ТИП. ИЗД. МГУ
 МОСКВА, ЛЕНГОРЫ

