

Н. А. ДОБРОТИН, Я. И. ГРАЕВСКАЯ, Н. Л. ГРИГОРОВ,
С. И. НИКОЛЬСКИЙ и И. Д. РАППОПОРТ

СПЕКТР ИОНИЗАЦИЙ ЧАСТИЦ МЯГКОЙ И ЖЕСТКОЙ КОМПОНЕНТ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 1 II 1951)

В ряде работ, опубликованных А. И. Алихановым, А. И. Алиханьяном и С. Я. Никитиным (¹⁻³), ими было найдено, что спектр ионизаций частиц мягкой компоненты космического излучения существенно отличается от спектра ионизаций частиц жесткой компоненты. По мнению авторов, это отличие объясняется тем, что в составе мягкой компоненты на высоте 3200 м над уровнем моря имеется 15—18% частиц, ионизирующая способность которых в 2—3 раза превышает ионизирующую способность релятивистских частиц.

Сопоставляя удельную ионизацию частиц, образующих побочные максимумы в спектре ионизаций частиц мягкой компоненты, с пробегами этих частиц, С. Я. Никитин приходит к выводу о существовании трех групп частиц с массами, превышающими массу электрона в 300—500, 700—1100 и 2000—3500 раз*. Тем самым С. Я. Никитин получил результаты, находящиеся в хорошем согласии с оценками масс частиц космических лучей методом магнитного анализа, по данным тех же авторов (⁴).

С другой стороны, Н. А. Добротин на основании аналогичных опытов с пропорциональными счетчиками (⁵), выполненных им на высоте 3860 м, пришел к выводу, что по крайней мере основная часть разницы в спектре ионизаций частиц мягкой и жесткой компонент объясняется наличием заметного числа ливней в составе мягкой компоненты, и не получил никаких указаний на существование частиц с промежуточными массами.

Большое значение вопроса о существовании частиц с массами, промежуточными между массой мезона и протона, заставило нас вновь поставить опыты по определению спектра ионизаций частиц мягкой и жесткой компонент.

Поскольку наиболее слабым местом предыдущих опытов было использование пропорциональных счетчиков, мы применили сферическую тонкостенную ионизационную камеру диаметром 15 см, наполненную чистым аргоном до давления 4,5 атм., с регистрацией электронной составляющей импульса. Схема установки приведена на рис. 1. Опыты производились с двумя аналогичными установками. Одна из них (установка *a*) была использована на уровне моря и в полетах, произведенных с помощью субстратостата до высоты 8000 м для изучения изме-

* Анализ спектра ионизаций с выводом о существовании большого числа частиц, с массами, промежуточными между массой мезона и протона, был недавно повторен С. Я. Никитиным и А. О. Вайсенбергом во вступительной статье к книге Л. Яносси «Космические лучи», Москва, 1949.

нения вида спектра ионизаций с высотой. В этой установке величины импульсов в ионизационной камере определялись с помощью шлейфового осциллографа.

С помощью второй установки (установка б) на высоте 3860 м (Памир) было выяснено влияние ливней на форму спектра ионизаций для частиц мягкой и жесткой компонент. В этой установке регистрация импульсов осуществлялась с помощью фотографирования импульсов на экране катодного осциллографа с ждущей разверткой.

В обоих случаях управляющим импульсом служило двойное совпадение в счетчиках 1, 2 и регистрировалась величина импульса в ионизационной камере, соответствующего этому совпадению.

Кроме того, в установке для полетов с помощью второго шлейфа отмечалось наличие или отсутствие одновременного разряда в счетчиках 3, а в установке, использованной на высоте 3860 м, с помощью неоновых лампочек отмечалось наличие или отсутствие одновременных разрядов в счетчиках 3 и 4.

Таким образом, обе установки давали возможность получить дифференциальный спектр ионизаций частиц мягкой и жесткой компонент, а установка, использованная на высоте 3860 м, позволяла дополнительно выделять случаи одновременного прохождения через ионизационную камеру двух или нескольких частиц.

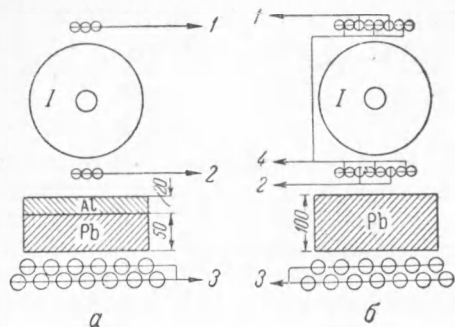


Рис. 1

Градуировка установок производилась с помощью соответствующих искусственных импульсов.

Число случайных совпадений разрядов в счетчиках и число наложенных импульсов в линейном усилителе для обеих установок не превышало 1—2%.

Полученные результаты сравнивались с кривыми флуктуаций ионизационных потерь в камере, рассчитанными по Л. Ландау (6) для мезонов и электронов с учетом их энергетических спектров (7, 8). При этом была принята во внимание зависимость величины электронной составляющей импульса от места прохождения частицы через камеру. Было также учтено размытие экспериментальной кривой шумами усилителя. Полное согласие экспериментальных кривых с теоретическими (вплоть до областей ионизации, в 1,5 раза превышающей наиболее вероятную) не только в общем их ходе, но и в абсолютных значениях ионизационных потерь является дополнительным указанием на правильную работу установки и правильную ее градуировку. Наиболее вероятное значение импульса ионизации для частиц жесткой компоненты на уровне моря соответствует по нашим измерениям образованию 5600 пар ионов в камере или 63 ± 5 пар на 1 см пути в воздухе. Значение наиболее вероятной ионизации для частиц мягкой компоненты равно 6000 пар ионов в камере или 68 ± 5 пар ионов на 1 см пути в воздухе.

Во время полета на стратостате были сняты кривые спектров ионизаций частиц мягкой и жесткой компонент на интервалах высот 3—4, 5—6 и 6—7 км.

Высотный ход для интенсивности мягкой и жесткой компонент находится в согласии с результатами других авторов (9).

На рис. 2 приведены спектры ионизаций для частиц мягкой компоненты на высоте 6000—7000 м и жесткой компоненты на высоте 3500 м, полученные с помощью полетной установки, и спектры ионизаций для

частиц мягкой и жесткой компонент для высоты 3860 м, полученные на Памире. Данные, полученные с помощью обеих установок, хорошо согласуются между собой (см. рис. 2).

Сопоставление полученных спектров ионизаций для частиц мягкой и жесткой компонент показывает, что в мягкой компоненте имеются случаи, соответствующие повышенной ионизации (в 1,5—3 раза больше вероятной). Число таких случаев составляет 18—20% от числа частиц мягкой компоненты, независимо от высоты места наблюдения, вплоть до высоты 7000 м над уровнем моря. Таким образом, число случаев с повышенной ионизацией растет с высотой места наблюдения пропорционально интенсивности мягкой компоненты и значительно медленнее, чем число электронно-ядерных ливней, «звезд», нейтронов и других ядерных актов в космических лучах.

На рис. 3 представлены результаты измерений спектра ионизаций частиц мягкой компоненты на высоте 3860 м с помощью установки, отмечающей ливневые случаи.

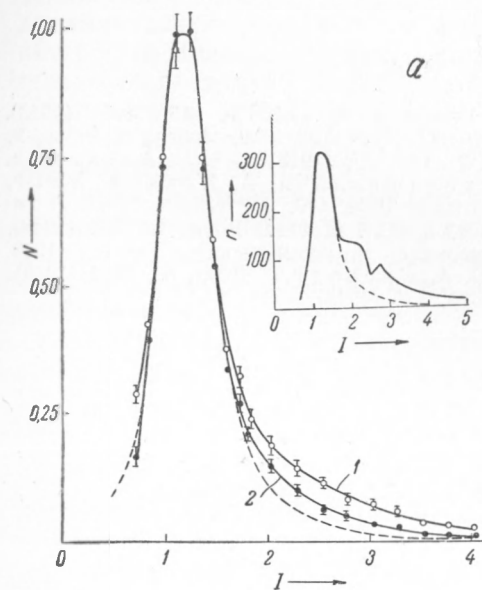


Рис. 3

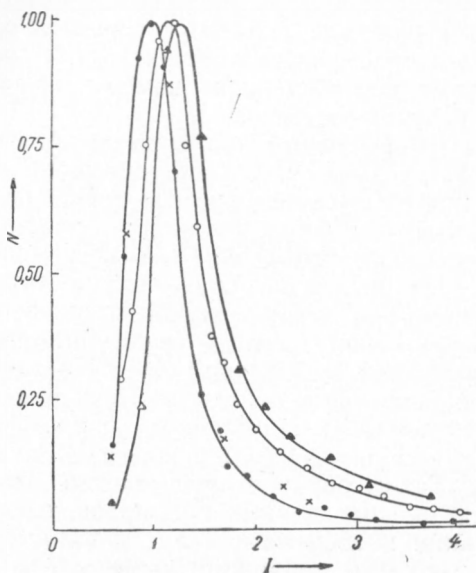


Рис. 2. 1 — мягкая компонента 3860 м, 2 — жесткая компонента 3860 м, 3 — мягкая компонента 6000—7000 м, 4 — жесткая компонента 3500 м

На рис. 3 представлены результаты измерений спектра ионизаций частиц мягкой компоненты на высоте 3860 м с помощью установки, отмечающей ливневые случаи. Кривая 1 относится к частицам полной мягкой компоненты, кривая 2 — к одиночным частицам мягкой компоненты (совпадения 1, 2), не сопровождаемым разрядом в счетчиках 4 (см. рис. 1).

Из сравнения этих кривых с теоретической (пунктирная линия) видно, что основная часть случаев повышенной ионизации в соответствии с результатами, полученными в (4), действительно объясняется прохождением через ионизационную камеру нескольких частиц.

Небольшое число (6,5%) случаев повышенной ионизации, остающихся в спектре частиц мягкой компоненты после устранения ливней, объясняется наличием нескольких тривиальных факторов.

По оценкам, которые можно сделать на основании работы Андерсона (10), число протонов с ионизацией, превышающей вероятную ионизацию релятивистской частицы в 1,3—1,5 раза и больше, составляет на наших высотах величину порядка нескольких процентов от интенсивности жесткой компоненты.

По оценкам, которые можно сделать на основании работы Андерсона (10), число протонов с ионизацией, превышающей вероятную ионизацию релятивистской частицы в 1,3—1,5 раза и больше, составляет на наших высотах величину порядка нескольких процентов от интенсивности жесткой компоненты.

Из сопоставления отношения площадей управляющих и ливневых счетчиков с общим числом ливней, попадающих на нашу установку, можно заключить, что число случаев прохождения двух частиц мягкой компоненты через управляющие счетчики должно быть порядка 1%.

Некоторую роль может играть сопровождение электрона, вызывающего срабатывание счетчиков 1, 2, не электроном, а фотоном, конвертирующимся в стенках камеры в электрон, не попадающий в нижние ливневые счетчики.

Более точный количественный учет этих факторов в настоящее время невозможен. Однако очевидно, что они обязательно будут обуславливать некоторое превышение экспериментальной кривой мягкой компоненты над теоретической в области ионизаций в 1,5—3 раза больше вероятной, что и обнаруживается в наших экспериментах.

На рис. 3 для сравнения приведен дифференциальный спектр ионизаций для частиц мягкой компоненты, полученный на высоте 3200 м С. Я. Никитиным⁽³⁾ (пунктиром показана кривая 2 рис. 3). Из сопоставления этой кривой С. Я. Никитина с нашими данными следует, что существование дополнительных максимумов в спектре ионизаций, полученном С. Я. Никитиным, не подтвердилось, а наличие большого числа случаев повышенной ионизации объясняется ливнями.

Таким образом, описываемые опыты показали ошибочность экспериментальных данных и выводов, сделанных в работах⁽¹⁻³⁾, о существовании в космических лучах на высоте 3200 м большого числа частиц с массами, промежуточными между массой мезона и протона.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность акад. Д. В. Скобельцыну, чл.-корр. АН СССР В. И. Векслеру и проф. С. Н. Вернову за ценную дискуссию полученных результатов.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР
Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский
институт земного магнетизма

Поступило
24 I 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Алиханов и А. И. Алиханян, ЖЭТФ, 15, 145 (1945).
² А. И. Алиханян, А. И. Алиханов и С. Я. Никитин, Journ. of Phys., 9, 167 (1945). ³ С. Я. Никитин, ЖЭТФ, 18, 577 (1948). ⁴ А. Алиханян, А. Алиханов, В. Морозов, Г. Мусхелишвили и А. Хримян, ЖЭТФ, 18, 673 (1948). ⁵ Н. А. Добротин, Journ. of Phys., 10, 207 (1946). ⁶ Л. Ландау, *ibid.*, 8, 204 (1944). ⁷ Bruno Rossi, Rev. of Mod. Phys., 20, 384 (1948).
⁸ С. З. Беленький, Лавинные процессы в космических лучах, 1948.
⁹ Л. Т. Барадзей, С. Н. Вернов и Ю. А. Смородин, ДАН, 62, № 4 (1948).
¹⁰ C. D. Anderson, Rev. of Mod. Phys., 20, 334 (1948).