

С. А. АЗИМОВ

## ИЗМЕРЕНИЯ МЯГКОЙ И ЖЕСТКОЙ КОМПОНЕНТ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КРУГОВОЙ УСТАНОВКИ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 21 VI 1948)

Имеющиеся в литературе данные об интенсивности мягкой компоненты космических лучей на средних высотах отличаются большой несогласованностью. Так например, А. И. Алиханов и А. И. Алиханьян <sup>(1)</sup> из измерений с телескопом на высоте 3250 м для отношения мягкой компоненты к жесткой дают значение 52%, Грейзен <sup>(2)</sup> из аналогичных опытов на той же высоте для этого отношения получает цифру 120%. Эти противоречия не позволяют сделать надежных заключений о происхождении частиц мягкой компоненты на средних высотах. В связи с этим часть авторов <sup>(4)</sup> считает, что мягкая компонента на этих высотах находится в равновесии с жесткой; другие <sup>(5)</sup>, напротив, указывают, что в равновесии находится лишь часть мягкой компоненты. Как мы уже указывали <sup>(3)</sup>, отмеченные противоречия объясняются наличием боковых ливней и влиянием стенок счетчиков телескопа, искажающих результаты измерений мягкой компоненты. Одиночный счетчик достаточно малых размеров свободен от искажающего влияния этих факторов.

Однако наличие фона счетчиков, связанного с радиоактивностью, не позволяет использовать одиночный счетчик для прецизионных измерений числа частиц космических лучей. Поэтому для этих целей весьма удобной является „круговая установка“, предложенная впервые В. И. Векслером и И. М. Франком в 1941 г. и примененная А. И. Алихановым и А. И. Алиханьяном и Грейзеном <sup>(6)</sup>.

Ниже приводятся результаты наших опытов, проведенных на высотах 900, 3860 и 4700 м над уровнем моря и посвященных анализу свойств „круговой установки“ и измерениям мягкой компоненты на этих высотах. Схема установки представлена на рис. 1. Счетчики были сделаны из Al толщиной 0,2 мм (центральный счетчик) и 0,3 мм (периферийные счетчики). Центральный счетчик имел диаметр 10 мм и длину 70 мм, каждый из периферийных счетчиков имел диаметр 36 мм и длину 400 мм. Все счетчики были быстроедействующими.

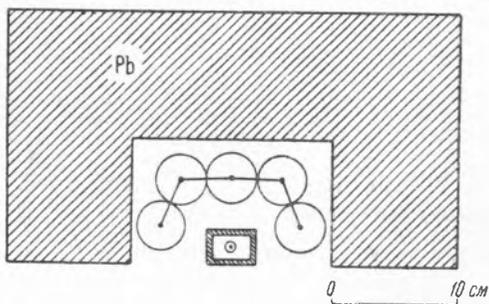


Рис. 1

Интенсивность жесткой компоненты измерялась при помещении над счетчиками свинцового фильтра толщиной 10 см. Мягкая компонента определялась как разность между полной интенсивностью и жесткой компонентой. Между центральными и периферийными счетчиками вставлялась алюминиевая прокладка толщиной 5 мм.

Проделанные контрольные опыты показали, что данные, полученные нами с „круговой установкой“, не искажены различными побочными факторами. Результаты измерений приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Из приведенных данных следует, что число частиц в интервале энергий от 0,6 MeV (порог, задаваемый стенками счетчиков) до 3,5 MeV (порог, задаваемый алюминиевой прокладкой) составляет 20—22% от интенсивности мягкой компоненты; это значение находится

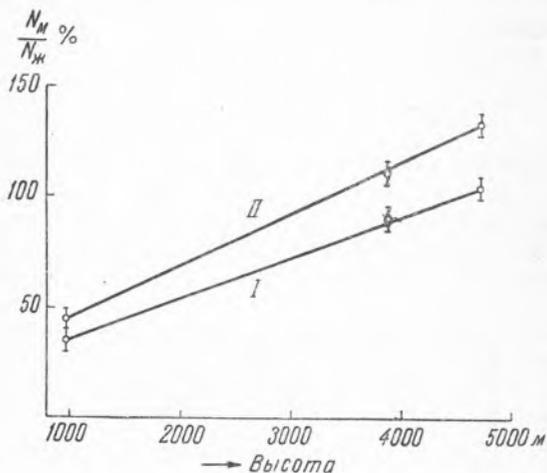


Рис. 2. Рост отношения  $N_m/N_j$  с высотой. I — данные, полученные с алюминиевой прокладкой, II — без алюминиевой прокладки

в хорошем согласии с цифрой 20%, получаемой для числа электронов с указанными энергиями из равновесного спектра электронов в воздухе, вычисленного И. Е. Таммом и С. З. Беленьким (?).

На высоте 3860 м отношение глобальной интенсивности мягкой компоненты к жесткой (при учете частиц с энергией  $> 3.5 \cdot 10^6$  MeV) оказалось равным  $90 \pm 4\%$ . Из расчетов Росси и Грейзена (8) следует, что в воздухе на этой высоте число электронов распада и равновесных  $\delta$ -электронов составляет 60% от числа частиц жесткой компоненты. По измерениям Г. Б.

Жданова и А. А. Наумова (9) методом „запаздывающих совпадений“, медленные мезоны \* с пробегом  $< 10$  см Pb на высоте 3860 м составляют  $\sim 5\%$  от интенсивности жесткой компоненты. Таким образом, на долю неравновесной мягкой компоненты на данной высоте приходится 25% от жесткой.

Таблица 1

Рост мягкой и жесткой компонент с высотой при наличии алюминиевой прокладки и без прокладки над центральным счетчиком \*

Высота в м	$N_{II}$ , полная интенсив- ность	$N_{ж}$ , жесткая компонента	Рост с высотой	$N_m$ , мягкая компонента	Рост с высотой	$N_m/N_j$ , %
900	$10,85 \pm 0,1$	$8,0 \pm 0,1$	1	$2,8 \pm 0,2$	1	$35 \pm 4$
3860	$23,9 \pm 0,2$	$12,6 \pm 0,1$	1,57	$11,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,4$	$89,8 \pm 4$
4700	$31,2 \pm 0,2$	$15,3 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,05$	$15,9 \pm 0,4$	$5,7 \pm 0,6$	$104,0 \pm 4$

\* Здесь учитывались «обычные» мезоны с константой распада  $2 \cdot 10^{-6}$  сек.

Высота в м	$\bar{N}_{\Pi}$	$\bar{N}_{ж}$	$\bar{N}_{М}$	Рост с высотой	$\frac{\bar{N}_{М}}{\bar{N}_{ж}}$	$\frac{\bar{N}_{\Pi} - N_{М}}{N_{М}}$ , %
	без алюминиевой прокладки					
900	$13,3 \pm 0,2$	$9,7 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,4$	1	$44 \pm 5$	22
3860	$28,8 \pm 0,3$	$14,7 \pm 0,2$	$14,1 \pm 0,6$	$3,9 \pm 0,6$	$111 \pm 5$	20
4700	$38,0 \pm 0,5$	$17,6 \pm 0,3$	$20,4 \pm 0,8$	$20,6 \pm 0,8$	$131 \pm 3$	22

\* Все данные относятся к площади маленького счетчика, т. е. к 7 см<sup>2</sup>, и дают число импульсов в 1 мин.

Для выяснения природы неравновесных частиц с помощью „круговой установки“ были проведены измерения роста с высотой ливнеобразующей и фотонной частей мягкой компоненты. Для этой цели на разных высотах снималась кривая переходного эффекта воздух — свинец, и интенсивность ливнеобразующей части мягкой компоненты определялась по величине максимума переходной кривой.

Для определения числа фотонов была использована установка, схема которой изображена на рис. 3. Измерялось число двойных (1, 3) и тройных (1, 2, 3) совпадений. Разность  $N_{1,2} - N_{1,2,3}$  давала число фотонов, образовавших заряженные частицы в 5 мм Рb. Результаты этих измерений представлены на рис. 4. Как видно из рис. 4, суммарная мягкая компонента, ее ливнеобразующая часть и фотоны растут с высотой одинаково. Это указывает на то, что на средних высотах неравновесная часть мягкой компоненты, по крайней мере в основном, состоит из электронов и фотонов.

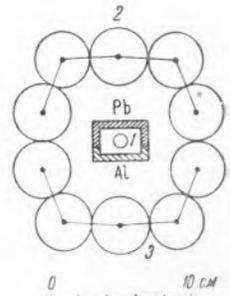


Рис. 3

Так как „круговая установка“ регистрирует число заряженных частиц, а ионизационная камера — суммарную ионизацию, то сопоставление результатов, полученных с их помощью, дает возможность установить роль сильно ионизирующих частиц. При этом необходимо принять во внимание то обстоятельство, что ионизационная камера регистрирует все частицы, выходящие из ее стенок, а „круговая установка“ — лишь те, которые проходят через стенки счетчиков. Повидимому, с этим связано то, что А. Алиханов, А. Алиханьян, Л. Неменов и М. Качарян<sup>(10)</sup> получили сильно повышенное значение для ионизации тяжелыми частицами.

На высоте 3860 м О. Н. Вавилов<sup>(11)</sup> с помощью ионизационной камеры получил для отношения интенсивности мягкой компоненты к жесткой значение 123%. Как указывалось выше, для этого отношения при учете частиц с энергией  $> 3,5$  MeV с „круговой установкой“ мы получили значение 90%. Частицы с энергией от 0,6 до 3,5 MeV составляют 20% от числа частиц мягкой компоненты. Если учесть, что в установке О. Н. Вавилова в жесткую компоненту входит 10% равновесных  $\delta$ -электронов, то на долю сильно ионизирующих частиц на высоте 3860 м приходится по ионизации около 20% от интенсивности жесткой компоненты.

Полученные нами данные по переходному эффекту на разных высотах при помещении над установкой 5 мм Рb дают для коэффи-

циента мультипликации  $1,8 \pm 0,1$ . Независимость этой величины от высоты показывает, что спектр мягкой компоненты мало меняется с высотой и, следовательно, средняя энергия неравновесных электронов близка к средней энергии равновесных. Отсюда можно заключить, что неравновесные электроны на средних высотах не представляют

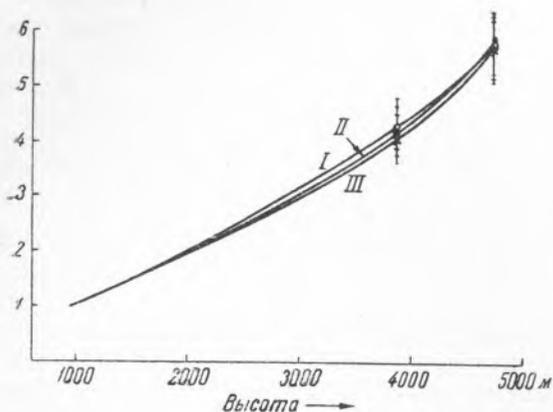


Рис. 4. Рост ливнеобразующей (I), мягкой (II) и фотонной (III) компонент

собой „хвост“ лавины, образовавшийся в верхних слоях атмосферы, а возникают по всей толще атмосферы за счет компоненты, быстро растущей с высотой. Возможно, что наблюдаемые нами неравновесные электроны представляют собой мягкие частицы, которые, по данным Л. В. Курносовой и Б. А. Шуляка<sup>(12)</sup>, Л. Н. Кораблева, А. Л. Любимова и А. В. Миллера<sup>(13)</sup> и Н. Г. Биргер<sup>(14)</sup>, возникают в так называемых „особых ливнях“, создаваемых на средних высотах нуклонами с большой энергией. К аналогичным выводам о наличии дополнительного источника образования мягкой компоненты приходит С. Н. Вернов и его сотрудники<sup>(5)</sup> на основании измерений, проведенных в верхних слоях атмосферы.

В заключение выражаю благодарность В. И. Векслеру и Н. А. Добротину за руководство настоящей работой.

Физический институт  
им. П. Н. Лебедева  
Академии Наук СССР

Поступило  
19 VI 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. И. Алиханов и А. И. Алиханьян, ЖЭТФ, **15**, 145 (1945). <sup>2</sup> К. Greisen, Phys. Rev., **63**, 323 (1943). <sup>3</sup> С. Азимов, В. Векслер, Н. Добротин, Г. Жданов и А. Любимов, ЖЭТФ, **17**, 79 (1947). <sup>4</sup> Nikitin and Fedorenko, Phys. Rev., **59**, 461 (1941). <sup>5</sup> А. Alichanow, А. Alichanian and S. Nikitin, J. of Physics, **9**, 57 (1945); G. Bernardini, В. N. Sacciaruoti et al., Phys. Rev., **58**, 1017 (1940); G. Cocconi and V. Tongiorgi, J. f. Phys., **118**, 99 (1941); В. Rossi and K. Greisen, Phys. Rev., **61**, 121 (1942). <sup>6</sup> К. Greisen, Phys. Rev., **63**, 323 (1943). <sup>7</sup> I. Tamm and S. Belenky, J. of Physics, **1**, 177 (1939). <sup>8</sup> В. Rossi and K. Greisen, Phys. Rev., **61**, 121 (1942). <sup>9</sup> Г. Б. Жданов и А. А. Наумов, ДАН, **60**, № 9 (1948). <sup>10</sup> А. Alichanow, А. Alichanian, L. Nemenov and M. Kacharian, J. of Physics, **8**, 63 (1944). <sup>11</sup> S. N. Verpov and O. N. Vavilov, Phys. Rev., **70**, 769 (1946). <sup>12</sup> Л. В. Курносова и Б. А. Шуляк, ДАН, **61**, № 6 (1948). <sup>13</sup> Л. Н. Кораблев, А. Л. Любимов и А. В. Миллер, ДАН, **61**, № 4 (1948). <sup>14</sup> Н. Г. Биргер, ДАН, **61**, № 2 (1948). <sup>15</sup> С. Н. Вернов и А. М. Куликов, ДАН, **61**, № 6 (1948).