

Г. Е. БЕЛОВИЦКИЙ, Н. В. МАСЛЕННИКОВА, В. Ф. СМЕРНОВ и Л. В. СУХОВ  
**О РАСПАДЕ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ, ВЫЗЫВАЮЩИХ  
ЯДЕРНЫЕ РАСЩЕПЛЕНИЯ**

*(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 17 VIII 1949)*

В настоящий момент следует считать установленным сложный состав компоненты космических лучей, вызывающей звездообразные ядерные расщепления („звезды“). Естественно возникает вопрос о природе и свойствах частиц, входящих в состав этой компоненты. В связи с этим нами были поставлены опыты по выяснению вопроса о существовании в космических лучах нестабильных частиц, вызывающих „звезды“.

Распад этих частиц может быть установлен путем сравнения поглощения в слое воздуха с поглощением в слое плотного вещества<sup>(1)</sup>. Однако при прохождении космических лучей через плотное вещество возникают переходные эффекты, которые, вообще говоря, могут затруднить выяснение вопроса о распаде. Таковыми являются переходный эффект по  $A$  — атомному весу и переходный эффект плотности.

Первый связан с переходом космических лучей из вещества с одним атомным весом в вещество с другим атомным весом. Второй же обусловлен тем, что в плотном веществе, в противоположность воздуху, вторичные генерированные частицы могут не успеть разойтись друг от друга и идти группами. В результате в опытах по распаду при использовании таких методов регистрации, как ионизационная камера и пропорциональный счетчик<sup>(2)</sup>, число зарегистрированных толчков под плотным веществом и на воздухе из-за эффекта плотности может быть различно, что затрудняет интерпретацию полученных результатов.

В наших опытах оба переходных эффекта были исключены. Первый тем, что в качестве поглотителя использовался углерод — вещество, близкое по своим свойствам к воздуху. Второй — самым существом использованного метода толстослойных фотопластинок, регистрирующих отдельные элементарные акты („звезды“ или одиночные частицы), вызванные отдельными частицами. Полученные нами результаты позволяют сделать вывод о существовании в космических лучах нестабильных частиц (повидимому, нейтральных мезонов), вызывающих ядерные расщепления.

Опыты были поставлены в двух интервалах высот: 4700—3860 м и 3860—2200 м над ур. м.

Давление на всех высотах было измерено с помощью ртутного барометра, причем средняя разность давлений для верхнего интервала высот оказалась равной 64 Г/см<sup>2</sup>, а для нижнего — 136 Г/см<sup>2</sup>. Толщины угольных поглотителей в г/см<sup>2</sup> соответствовали измеренным разностям давлений.

Кроме угольных, нами были использованы также поглотители из Al и SiO<sub>2</sub>. Эквивалентные толщины этих поглотителей рассчитывались, исходя из предположения, что эффективные сечения поглощения  $\sigma \sim A^{1/2}$ , где A — массовое число. Размеры поглотителей были для первого интервала высот: угольного 1,6 × 1,8 × 0,35 м, алюминиевого 1,5 × 1,4 × 0,3 м; для второго интервала: угольного 3,0 × 3,6 × 0,85 м, песчаного 3,3 × 3,3 × 1,6 м. Таким образом, телесные углы, соответствующие плоскому слою поглотителей, обеспечивали прохождение через них 90—95 % генерирующей компоненты в предположении, что угловое распределение первичных частиц следует закону  $\cos^2 \theta$ , где  $\theta$  — угол между направлением частицы и вертикалью.

В работах (3,4) было установлено влияние температуры, влажности, кислорода воздуха и т. д. на фоторегрессию (т. е. на исчезновение скрытого фотографического изображения, создаваемого заряженными частицами). В настоящей работе все эти факторы были учтены. Для снижения регрессии и одинаковости условий облучения все пластинки помещались в вакуум и экспонировались в термостатах при постоянной температуре  $\sim 20^\circ$ .

Время экспозиции для пластинок каждого опыта было одинаково — 27 дней. Использовались пластинки с толщиной фотоэмульсии 100  $\mu$  и разной чувствительности. Пластинки типа А обладали чувствительностью к протонам до  $\sim 100$ , пластинки типа В — к протонам до  $\sim 50$ . Все пластинки каждого опыта проявлялись одновременно в одной ванне и с одинаковой продолжительностью.

Микроскопический просмотр пластинок производился по „звездам“, одиночным тяжелым частицам и мезонам, останавливающимся в эмульсии. При просмотре сосчитывались только „звезды“ с числом лучей  $\geq 2$ , у которых по крайней мере один след имел длину проекции на плоскость эмульсии  $> 10$  см воздушного эквивалента. Все 2- и 3-лучевые „звезды“, которые могли быть вызваны рассеянием протонов на ядрах эмульсии, исключались из статистики. Для проверки надежности полученных данных пластинки, находившиеся под слоем угля и на эквивалентной глубине в воздухе, просматривались по „звездам“ дважды. Одиночные следы сосчитывались на нескольких площадках, каждая размером 10 мм<sup>2</sup>. В окончательную статистику вводились только следы с длиной проекции на плоскость эмульсии  $> 10$  см воздушного эквивалента.

Если остановившийся мезон имел пробег  $> 100 \mu$  эмульсии, то он мог быть уверенно идентифицирован (по расстоянию между зернами и рассеянию).

В табл. 1 представлены результаты: а) по „звездам“ на пластинках типа А; данные отнесены к 10 см<sup>2</sup> площади эмульсии и 27 дням экспозиции; б) по одиночным тяжелым частицам на пластинках типа А и В на площади 10 мм<sup>2</sup> за 27 дней; в) по всем типам мезонов, останавливающимся в эмульсии типа А, на площади 8 см<sup>2</sup> за 27 дней.

При оценке эффекта распада необходимо сравнивать данные для пластинок, находившихся на высоте 4700 м под плотным веществом (С, Al), с данными для пластинок с высоты 3860 м без поглотителя; соответственно, данные пластинок под С и SiO<sub>2</sub> на высоте 3860 м с данными с высоты 2200 м.

Из табл. 1 видно, что эффект распада по всем „звездам“ составляет  $\sim 20\%$ , а по 2- и 3-лучевым  $\sim 40\%$ . Таким образом, эффект распада проявляется в основном на 2- и 3-лучевых звездах. Для средней продолжительности жизни частиц, обуславливающих этот эффект, получаем значение  $5 \cdot 10^{-6} - 10^{-5}$  сек.

„Звезды“ с 4 и более лучами, повидимому, в основном создаются стабильными частицами или нестабильными с таким временем жизни, которое не может быть обнаружено в опыте.

Таблица I

Высота в м	Тип поглотителя	«Звезды»			Одиночные тяжелые частицы		Мезоны
		число 2- и 3-лу- чевых «звезд»	число «звезд» с 4 и более лучами	общее число «звезд»	число на пласт. типа А	число на пласт. типа Б	
4700	Без поглотителя .	57 ± 9	75 ± 10	132 ± 13	215 ± 15	93 ± 10	—
	С . . . . .	59 ± 10	50 ± 9	109 ± 13	168 ± 9	62 ± 5	26
	Al . . . . .	52 ± 7	60 ± 7	112 ± 11	165 ± 9	—	23
3860	Без поглотителя .	35 ± 4	45 ± 5	80 ± 6	136 ± 7	62 ± 4	12
	С . . . . .	27 ± 5	21 ± 4	48 ± 6	101 ± 5	36 ± 2	—
	SiO <sub>2</sub> . . . . .	25 ± 4	19 ± 4	44 ± 5	—	—	—
2200	Без поглотителя .	15 ± 3	21 ± 4	36 ± 6	63 ± 4	32 ± 2	—

Тот факт, что эффект распада связан с 2- и 3-лучевыми „звездами“, позволяет высказать предположение, что нестабильные частицы, по крайней мере в отношении ядерных расщеплений, аналогичны мезонам. Действительно, найденные нами 52 расщепления, вызванные остановившимися мезонами, показывают, что они создают в основном „звезды“ с числом лучей  $\leq 3$ . Аналогичные данные были получены и ранее как для мезонов космических лучей, так и для мезонов от берклейского циклотрона (5).

Здесь отметим, что, вообще говоря, мыслимы два варианта распада: 1) частицы, вызывающие „звезды“, нестабильны и обуславливают эффект распада; генерирующая их компонента стабильна; 2) частицы, вызывающие „звезды“, стабильны, а генерирующая их компонента, по крайней мере частично, состоит из нестабильных частиц. В том и другом случае равновесная интенсивность нестабильных частиц в воздухе должна быть меньше, чем в плотном веществе на соответствующей высоте, что и наблюдалось нами на опыте.

На наш взгляд, следует предположить справедливость первого варианта распада.

Далее, из табл. 1 следует, что эффект распада по одиночным частицам наблюдается на пластинках типа А (чувствительных к протонам  $\sim 100$ ) и не наблюдается на пластинках типа В (чувствительных к протонам  $\sim 50$ ).

Как видно из таблицы, эффект распада проявляется и на мезонах.

Остается невыясненным вопрос о массе и заряде частиц, обуславливающих эффект распада по звездам и одиночным частицам.

Однако опытами с камерой Вильсона (6) было установлено, что почти все „звезды“, не содержащие частиц большой энергии, создаются неионизирующими частицами. Это хорошо согласуется с нашими данными, в которых эффект распада также связан с малоэнергичными звездами. Отсюда естественно предположить, что частицы, вызывающие наблюдаемый нами эффект, также являются нейтральными.

Из табл. 1 могут быть получены примерные значения  $1/\mu$  и эффективных сечений для ядер С, Al и воздуха, которые и приведены в табл. 2.

Табл. 2 показывает, что пробег частиц, вызывающих 2- 3-лучевые „звезды“, в воздухе много меньше, чем в плотном веществе, что может быть объяснено единственным образом, а именно, распадом этих частиц, о чем уже было сказано выше.

В заключение укажем, что в недавно опубликованных иностранных работах, посвященных также вопросу о распаде частиц косми-

Таблица 2

	1/ $\mu$			$\sigma \cdot 10^{25}$ см <sup>2</sup>
	для 2- и 3-лучевых «звезд»	для «звезд» с 4 и более лучами	для всех «звезд»	для всех «звезд»
Воздух 4700—3860 м . . . . .	130	130	130	1,83
C . . . . .	>530	150	320	0,6
Al . . . . .	880	370	500	0,9
Воздух 3860—2200 м . . . . .	160	180	170	1,4
C . . . . .	530	180	270	0,75
SiO <sub>2</sub> . . . . .	520	200	290	—

ческих лучей и выполненных методом фотопластинок, по „звездам“ (7) и одиночным частицам (8) был получен отрицательный результат.

Мы полагаем, что этот результат обусловлен недостаточной чувствительностью использованных фотопластинок, а также отчасти наличием фоторегрессии.

Действительно, нами наблюдалось на пластинках типа А на высоте 3860 м „звезд“ с 2 и более лучами ( $30 \pm 2$ ) в 1 см<sup>3</sup> эмульсии в день и одиночных частиц с пробегом  $> 10$  см воздушного эквивалента ( $50 \pm 3$ ) на 1 см<sup>2</sup> в день.

По данным же (7) число „звезд“ с 2 и более лучами на высоте 3650 м равно 14,3 в 1 см<sup>3</sup> эмульсии в день, а число одиночных тяжелых частиц 16,6 на 1 см<sup>2</sup> в день (8).

Такое большое различие в полученных величинах проявляется следующим образом. Примерно 50% истинных 2- и 3-лучевых „звезд“ вовсе не регистрируется на пластинках низкой чувствительности. В то же время эффект распада, связанный с 2- и 3-лучевыми „звездами“, маскируется большим числом „звезд“, вызванных стабильными частицами с истинным числом лучей  $> 3$ , но которые на пластинках низкой чувствительности будут представлены среди 2- и 3-лучевых „звезд“.

Авторы выражают благодарность И. М. Франку и Н. А. Добротину за ценные указания в ходе работы и при обсуждении результатов, а также Д. К. Корабейниковой за участие в просмотре фотопластинок.

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

Поступило  
8 VIII 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. Л. Гинзбург, Сборн. Мезон, 1947, стр. 194. <sup>2</sup> А. И. Горбунов и И. В. Чувило, ДАН, 61, 1019 (1948). <sup>3</sup> Г. Е. Беловицкий и Л. В. Сухов, ДАН, 61, 243 (1948). <sup>4</sup> Г. Е. Беловицкий и Л. В. Сухов, ДАН, 62, 207 (1948). <sup>5</sup> С. Powell, Journ. Phys. et Radium, 9, 289 (1948). <sup>6</sup> W. E. Hasen, Phys. Rev., 65, 67 (1944). <sup>7</sup> D. Perkins et al., 163, Nature, 319, (1949). <sup>8</sup> S. Lattimore, Phil. Mag., 40, 394 (1949).