

С. Н. ВЕРНОВ, А. М. КУЛИКОВ и А. Н. ЧАРАХЧЬЯН

АЗИМУТАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В СТРАТОСФЕРЕ НА ЭКВАТОРЕ

(Представлено академиком Д. В. Скобелевым 23 V 1952)

При изучении углового распределения космических лучей в стратосфере на широте 52° нами было установлено, что вторичные космические лучи в основном сохраняют направление первичных. Данные об угловом распределении космических лучей в стратосфере позволили сделать количественные выводы о среднем угле отклонения вторичных частиц от направления первичных. Эти выводы ⁽¹⁾ вытекали из оценки зависимости энергии *

$$E_\varphi = \beta \int_{p=0}^{p=\infty} N(p, \varphi) \frac{dp}{\cos \varphi},$$

выделяемой на ионизацию космическими частицами, идущими под углом φ к вертикали, от угла φ . Был получен средний угол рассеяния $\alpha \cong 30^\circ$. Отсюда вытекает, что если первичные космические частицы являются протонами, то должен наблюдаться резко выраженный эффект восточно-западной азимутальной асимметрии.

В работе Н. Л. Григорова ⁽²⁾ было показано наличие в стратосфере большого эффекта восточно-западной азимутальной асимметрии, и тем самым была показана неправильность измерений в стратосфере Джонсона и Барри ⁽³⁾, согласно которым азимутальная асимметрия в стратосфере почти в 10 раз меньше расчетной для первичных протонов. Таким образом, на основании работы ⁽²⁾ можно считать доказанным, что основная часть первичного космического излучения состоит из положительно заряженных частиц. Однако в этой работе измерения восточно-западной азимутальной асимметрии производились лишь при одном значении зенитного угла ($\varphi = 60^\circ$). Поэтому из этой работы нельзя было сделать вывода о том, в какой мере отклонение вторичных космических частиц от направления первичных уменьшает эффект восточно-западной азимутальной асимметрии. В ряде работ ⁽⁴⁾ утверждалось, что наличие рассеяния вторичных частиц может объяснить даже практическое отсутствие эффекта азимутальной асимметрии, как было наблюдаемо Джонсоном и Барри. Хотя наши исследования ⁽¹⁾ показали, что эти утверждения не соответствуют действительности, однако отклонение части вторичных частиц от направлений первичных на углы больше 30° может

* E_φ дает (практически) энергию, выделяемую на ионизацию всеми релятивистскими частицами космического излучения, так как $N(p, \varphi)$, есть число частиц, проходящих через телескоп, и все частицы, проходящие через телескоп, принимаются за релятивистские.

искажить результаты измерений восточно-западной азимутальной асимметрии под углом 60° с вертикалью. Естественно ожидать, что искажения, вносимые за счет рассеяния в эффект азимутальной асимметрии, будут зависеть от угла с вертикалью.

Отклонение вторичных частиц от направления первичных может привести к попаданию в телескоп, направленный на восток, вторичных частиц, созданных первичными, идущими с запада (при угле $22,5^\circ$ с вертикалью за счет вторичных частиц, идущих сверху вниз, и при угле $67,5^\circ$ за счет вторичных частиц, идущих снизу вверх). При угле 45° с вертикалью искажения должны быть наименьшими.

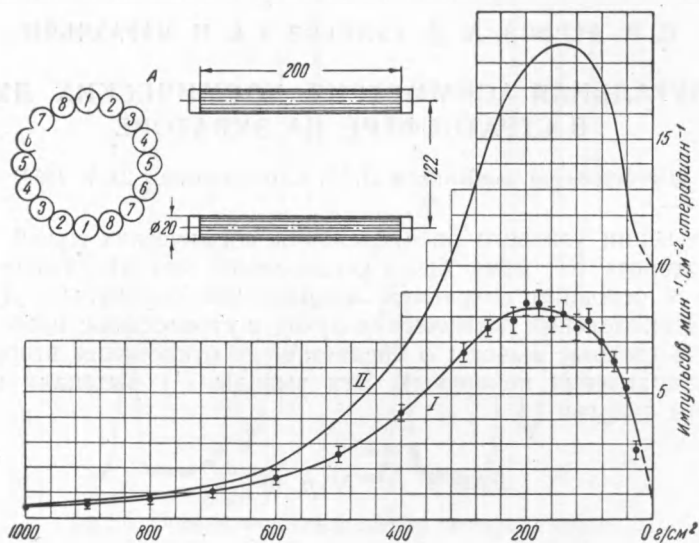


Рис. 1. Высотный ход вертикальной интенсивности космических лучей: I — на экваторе, II — на широте 52° . A — схема расположения счетчиков и геометрия телескопов

Настоящие измерения должны были позволить уточнить данные об азимутальной асимметрии первичного космического излучения. Прибор, разработанный нами для выполнения измерения азимутальной асимметрии в стратосфере в экваториальных районах, позволял производить непрерывную регистрацию числа космических частиц по углам с вертикалью $0, 22,5, 45, 67,5$ и 90° . Кроме того, конструкция прибора позволила измерять одновременно северо-южную азимутальную асимметрию и получать таким образом полную картину распределения космических частиц в стратосфере на экваториальных широтах по зенитным и азимутальным углам. Для устранения возможности влияния флуктуаций интенсивности космического излучения и для повышения точности измерений мы считали необходимым проводить в каждом полете измерения числа космических частиц по различным направлениям. Кроме того, мы стремились повысить статистическую точность измерений. Для этого нами была разработана и сконструирована специальная портативная аппаратура, поднимаемая в стратосферу на шарах-зондах. Основную часть прибора составляли 8 телескопов, включенных на двойные совпадения, расположенные таким образом, что телескопы, наклоненные на одинаковые зенитные углы, имели противоположную азимутальную ориентацию. Телескоп 1—1 измерял вертикальную интенсивность, телескопы 2—2 и 8—8 — интенсивность под углом $22,5^\circ$, телескопы 3—3 и 7—7 — под углом 45° , телескопы 4—4 и 6—6 — под углом $67,5^\circ$, телескоп 5—5 измерял число частиц в горизонтальном направлении. Схема расположения счетчиков и геометрия телескопов показаны на рис. 1, A.

Каждый телескоп был соединен с соответствующей ему радиоячейкой. Передача сигналов от каждой ячейки была развернута во времени таким образом, что в случае одновременной работы двух или больше телескопов сигналы не накладывались друг на друга, а передавались в порядке определенной очередности. Но это в свою очередь потребовало увеличить время задержки сигналов каждого канала, что привело к увеличению «мертвого времени» каждой радиоячейки до 0,04 сек. Таким образом, если в каком-либо телескопе два сигнала совпадения следовали друг за другом с интервалом времени менее 0,04 сек., то они были сосчитаны за один сигнал. Соответствующая поправка Δn для каждого телескопа в максимуме интенсивности была меньше 5%. Разрешающая способность схем двойных совпадений $\tau = 2 \cdot 10^{-6}$ сек. Поправка на случайные совпадения Δm в максимуме глобальной интенсивности составляла не больше 6%. Эти две поправки Δn и Δm (действующие в разные стороны) находятся в пределах статистических ошибок измерений и в расчет не принимались.

Азимутальная ориентация приборов в полете определялась при помощи четырех фотоэлементов, работающих от солнечного света. Расположение фотоэлементов и ширина щелей были подобраны таким образом, что можно было определять азимутальный угол осей прибора с точностью до 10° .

Снаружи к кожуху прибора прикреплялись две небольшие лопасти, которые создавали вращающий момент и приводили приборы в более или менее регулярное вращение в полете. Наличие трех пар телескопов, имеющих противоположную азимутальную ориентацию, позволило осуществить непрерывный и эффективный контроль правильности работы телескопов в полете.

По радио, кроме сигналов двойных совпадений и сигналов от фотоэлементов, передавались также сигналы барографа. Запись производилась на приемном пункте на непрерывно движущуюся фотопленку. Полеты производились с борта теплохода в районе магнитного экватора. Было выпущено три прибора, достигшие высот 20, 24 и 27 км.

При обработке полученных данных усреднение проводилось на 2 км по высоте и в азимутальном секторе 60° (при подсчете азимутального эффекта).

На рис. 1 показан высотный ход вертикального пучка космических лучей на экваторе и на широте 52° (1, 5). Из непосредственного сравнения этих двух кривых определяется широтный эффект ($N_{\lambda=52^\circ}/N_{\lambda=0^\circ}$) общей компоненты по числу частиц, который составляет 1,1 на уровне моря, 1,6 на глубине 400 г/см², 2 на глубине 200 г/см², 2,5 на глубине 100 г/см², 3,3 на глубине 20 г/см².

На рис. 2 представлены результаты измерений зенитного и азиму-

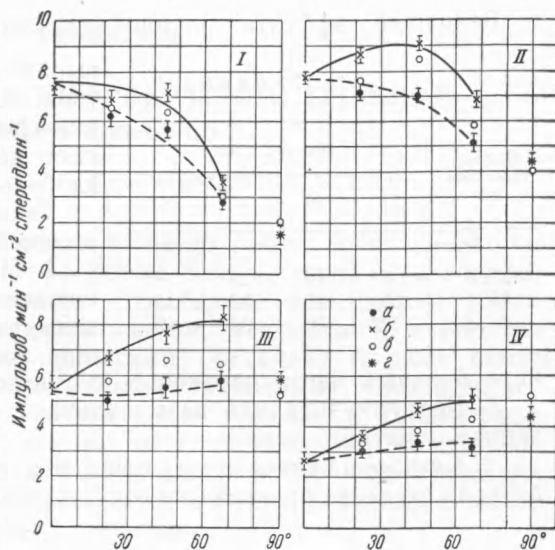


Рис. 2. Зенитное и азимутальное распределение космических лучей в стратосфере на экваторе: I — для высоты 10 км, II — 15 км, III — 21 км, IV — 26 км. *a* — восточное направление, *b* — западное, *c* — северное (или южное), *z* — 90° запад — восток

тального распределения интенсивности космических лучей. Пунктиром проведены кривые интенсивности космических лучей с восточного направления, сплошной кривой — с западного направления. Интенсивности космических лучей с северного и южного направлений практически везде совпадают между собой, поэтому они объединены вместе и показаны отдельными точками. Статистическая точность этих точек в 1,4 раза выше, чем для данных западных и восточных направлений. Все кривые проведены до ординаты, соответствующей углу $67,5^\circ$. В интервале от $67,5$ до 90° кривые не определены, так как точки, соответствующие 90° , очевидно, показывают среднюю интенсивность космических лучей с западного и восточного направлений.

Величины эффекта восточно-западной асимметрии $K = 2 \frac{N_3 - N_B}{N_3 + N_B}$,

Таблица 1

Наклон телескопа в °	Высота в км			
	1)	15	21	26
22,5	9*	19	29	9*
45	25	26	32	32
67,5	22*	30	36	49

выраженные в процентах, сведены в табл. 1. Средние квадратичные ошибки — порядка 20—30%, за исключением данных, отмеченных *, где ошибка больше (70—100%).

Таким образом, на основании настоящей работы может быть показано:

1. На экваториальных широтах наблюдается большая восточно-западная азимутальная асимметрия, доказывающая положительный знак, по крайней

мере большей части первичных космических лучей.

2. Восточно-западная азимутальная асимметрия возрастает с увеличением зенитного угла.

3. Северо-южная азимутальная асимметрия, как и следовало ожидать, на экваторе практически отсутствует.

Поступило
12 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Н. Вернов и А. М. Куликов, ДАН, 73, № 3 (1950); С. Н. Вернов, А. М. Куликов и Е. Л. Фейнберг, ДАН, 80, № 6 (1951). ² С. Н. Вернов, Н. Л. Григоров, Н. А. Добротин, С. П. Соколов, Ф. Д. Савин и А. И. Куракин, ДАН, 68, № 2 (1949). ³ T. H. Johnson and J. G. Barry, Phys. Rev., 56, 219 (1939). ⁴ V. H. Yngve, M. Schein, H. Kraybill, *ibid.*, 73, 1226 (1947); T. Johnson, *ibid.*, 56, 226 (1939). ⁵ Л. Т. Барадзей, С. Н. Вернов и Ю. А. Смородин, ДАН, 62, № 4 (1948).