

ПОИСК ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

А.А.Михайлов

*Институт космофизических исследований и астрономии
677891, Якутск, Россия*

Поступила в редакцию 22 декабря 1992 г.

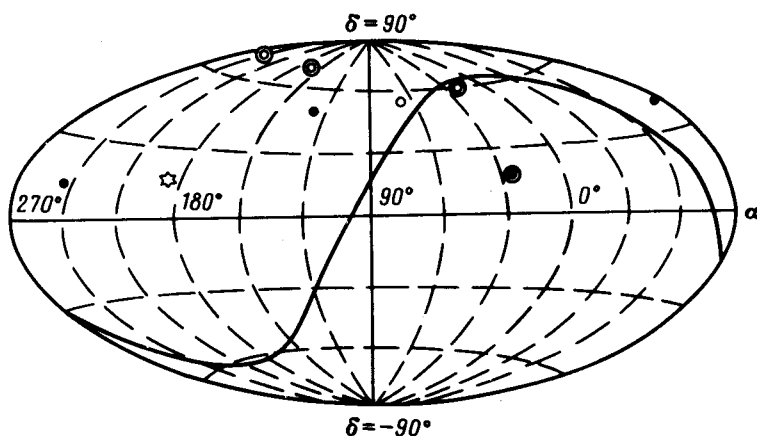
По данным установок широких атмосферных ливней космических лучей обнаружены 4 области сгруппирования на небесной сфере частиц сверхвысоких энергий.

В работах ^{1,2} сообщается об обнаружении областей сгруппирования в направлении прихода частиц с энергией выше 10^{19} эВ. Как показано в ряде работ (например ³), для траекторий протонов с энергией выше 10^{19} эВ влияние магнитного поля Галактики ~ 2 мкГс является слабым. В некоторых случаях, например, для близких источников, частицы таких энергий могут прийти на Землю почти не отклоняясь, и их направления прихода будут указывать на источники. Вокруг источника будет образована область сгруппирования частиц, которую мы назовем кластером.

В представленной статье рассмотрены направления прихода широких атмосферных ливней (ШАЛ), образуемых космическими лучами с энергией выше 10^{19} эВ. Анализировались данные установок Якутск ⁴, Хавера Парк ⁵ (Англия), Волкано Ренч ⁵ (США), Сидней ⁶ (Австралия), Акено (Япония, 47 событий, предварительное сообщение). Мы рассмотрели направления прихода космических лучей выше склонения $\delta > 0$, откуда наблюдается основной поток частиц на установках Якутск и Хавера Парк. Всего проанализировано 722 события с вышеуказанными координатами.

Для каждого ливня вычислялось расстояние между ним и другим событием, затем определялось число событий от этого ливня для расстояний с радиусами $R = 3^\circ, 6^\circ, 10^\circ$. Число событий M назовем множественностью кластеров. Мы нашли кластеры с различными множественностями. При этом возникает вопрос, является ли число событий M вокруг данного ливня случайным?

Для ответа на данный вопрос мы применили следующий критерий: определили вероятность случайности числа событий внутри области с радиусом R по формуле Пуассона $P = \sum_{i=M+1}^{\infty} \exp(-\bar{n}) \bar{n}^i / i!$, где \bar{n} – ожидаемое число событий в случае изотропного распределения космических лучей. Ожидаемое число событий определялось розыгрышем случайных событий равномерно по прямому восхождению и с учетом экспозиции каждой установки по склонению. Методика определения ожидаемого числа событий подробно описана нами в работе ⁷.



Кластеры с вероятностью $P < 2,7 \cdot 10^{-3}$ – •; с вероятностью выше, но близкой к этой величине – о. Кластеры, которые согласуются с кластерами работы ¹ – ⊙. Сплошная линия – галактическая плоскость; δ , α – склонение и прямое восхождение

Статистически значимый результат с вероятностью $P < 2,7 \cdot 10^{-3}$ получен при радиусе $R = 3^\circ$ (см. рисунок, черные кружки). Также на этом рисунке показаны кластеры (светлые кружки) с статистически незначимыми вероятностями, но близкими к величине $P = 2,7 \cdot 10^{-3}$. При радиусах $R = 6^\circ$ и 10° вероятности числа событий внутри окружностей становятся статистически незначимыми.

По вышеуказанному критерию все обнаруженные ¹ кластеры являются статистически незначимыми. Максимальное число кластеров вблизи галактической плоскости ^{1,2} возможно связано с анизотропией космических лучей $14 + 4,1\%$ при энергии $\sim 10^{19}$ эВ со стороны галактической плоскости ⁸. В вышеприведенных данных при широтах $|b| < 10^\circ$ наблюдается 142 события вместо ожидаемых 132,4. Однако, 4 кластера (на рисунке отмечены двойными кружками) по направлению прихода согласуются в пределах ошибок с кластерами, обнаруженными в работе ¹. Отметим также, что обнаруженные 4 кластера расположены в направлении высоких галактических широт, где, по-видимому, влияние магнитных полей на траектории частиц более слабое.

Таким образом, обнаружено 4 кластера в направлении высоких галактических широт. Возможно, они образованы точечными источниками космических лучей сверхвысоких энергий.

1. X.Chi, J.Szabelski, M.N.Vahia, and A.W.Wolfendale, Proc. Int. Symp. "Astrophysical aspects of the Most Energy Cosmic Rays", Kofu, 1990, 140.
2. M.A.Lawrence, D.C.Prosser, and A.A.Watson, Proc. 22-nd ICRC, Dublin, 2, 125 (1991).
3. V.S.Berezinsky and A.A.Mikhailov, Proc. 18-th ICRC, Bangalore 2, 174 (1983).
4. A.V.Glushkov, N.N.Efimov, and A.A.Mikhailov, Proc. 22-nd ICRC, Dublin 2, 113 (1991).
5. Catalogue of Highest Energy Cosmic Rays, Ed. M.Wada, Tokyo, 1, 71 (1980).
6. Catalogue of Highest Energy Cosmic Rays, Ed. M.Wada, Tokyo, 2, 127 (1986).
7. N.N.Efimov, A.A.Mikhailov, and M.I.Pravdin, Proc. 18-th ICRC, Bangalore 2, 149 (1983).
8. Н.Н.Ефимов, А.А.Михайлов, Письма в ЖЭТФ 54, 69 (1991).