

П И С Ь М А
В ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ОСНОВАН В 1965 ГОДУ
ВЫХОДИТ 24 РАЗА В ГОД

ТОМ 61, ВЫПУСК 2
25 ЯНВАРЯ, 1995

Письма в ЖЭТФ, том 61, вып.2, стр.79 - 82

© 1995г. 25 января

**О ПОТОКАХ АНОМАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ВБЛИЗИ
ЗЕМЛИ В КОНЦЕ 22-ГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

*Н.Л.Григоров, Д.А.Журавлев, М.А.Кондратьева, М.И.Панасюк,
Ч.А.Третьякова*

*Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного
университета им. М.В.Ломоносова*

119899 Москва, Россия

Поступила в редакцию 22 декабря 1994 г.

Приводятся результаты экспозиций твердотельных трековых детекторов на искусственных спутниках Земли в 1993–1994 гг. Показано, что в конце 22-го цикла солнечной активности, задолго до ожидавшегося очередного минимума солнечной активности, в околоземном пространстве появились и стабильно существуют потоки ионов аномальных космических лучей, по величине сравнимые с наблюдавшимися в 1987 г. в период прошедшего минимума. Характеристики потоков подобны тем, что были определены в 1987 г. и свидетельствуют о том, что в настоящее время в магнитосфере Земли вновь образовался радиационный пояс из ионов аномальной компоненты галактических космических лучей.

В 1984–1991 гг. мы проводили эксперименты по регистрации ядер с зарядами $Z \geq 6$ и энергиями 5–20 МэВ/нуклон на спутниках серии "Космос" [1]. Одним из источников тяжелых ионов оказались ионы аномальной компоненты (АК) галактических космических лучей (ГКЛ), которые были открыты в 1974 г. [2]. Тогда же возникла гипотеза их происхождения из нейтральных атомов межзвездной среды [3], основополагающим в которой является предположение, что ионы АК однократно заряжены. Это предположение было впоследствии подтверждено экспериментально [4].

Потоки аномальных ионов отличаются от потоков солнечных и галактических как зарядовым составом, так и энергетическим спектром. Временные изменения величины потоков аномальных ионов подобны временным изменениям обычных ГКЛ: они определяются солнечными модуляциями в течение 11-летнего цикла солнечной активности и достигают максимальной величины в период минимума солнечной активности.

Для регистрации ионов в наших экспериментах использовались твердотельные трековые детекторы в виде стопок из нескольких слоев нитрата целлюлозы Kodak CN-85 суммарной толщиной 500–700 мкм и площадью 25–50 см². Такие стопки позволяли идентифицировать ядра с зарядом $Z \geq 6$, останавливающиеся в детекторе, и определять их энергию. Толщина и условия облучения стопок ограничивали энергетический интервал в пределах 5–20 МэВ/нуклон. После экспозиций слои детекторов подвергались химической обработке – травлению – и затем просматривались под микроскопом с целью поиска треков от ядер и измерений характеристик треков для определения заряда и энергии частиц. Детекторы экспонировались на спутниках с углом наклона орбиты 62–82° на высотах 200–400 км. Трехосная стабилизация спутников в полете давала возможность определять направление прихода частиц из окружающего пространства. Небольшая длительность экспозиций (как правило, 14 суток) позволяла разделять периоды, когда регистрировались солнечные космические лучи во время солнечных протонных событий и периоды спокойного Солнца, когда детекторы регистрировали ионы АК.

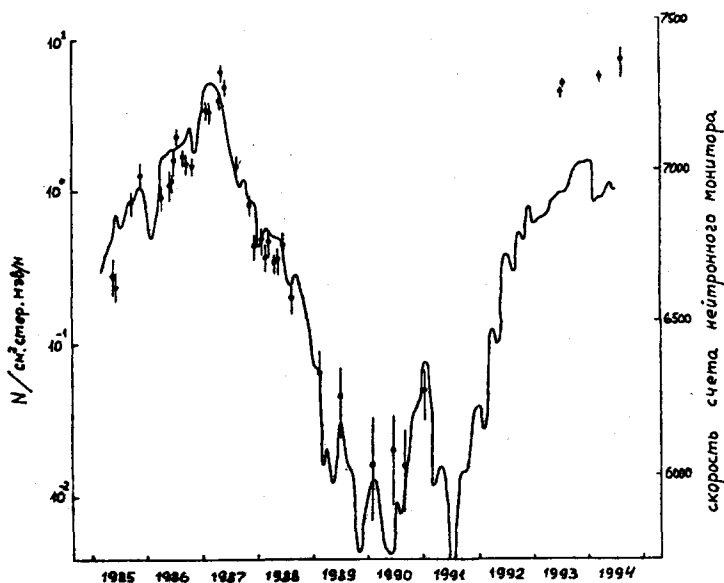


Рис.1. Временные изменения величины потока тяжелых ионов с энергией 10 МэВ/нуклон (точки, левая шкала ординат) и скорости счета нейтронного монитора на станции Deep-River (плавная кривая, правая шкала ординат)

В течение 1984–1990 гг. нам удавалось провести в спокойные периоды Солнца по несколько экспозиций в год, и таким образом был прослежен временной ход величин потока аномальных ионов на протяжении 22-го цикла солнечной активности. Как видно из рис.1, потоки ионов АК достигли максимального значения в 1987 г. в период минимума солнечной активности, а затем стали убывать и к концу 1990 г. их величина уменьшилась почти на два порядка, то есть аномальная компонента в околоземном пространстве

практически исчезла. К сожалению, в 1991 г. по не зависящим от нас причинам эксперименты были прерваны и возможность продолжить измерения появилась только в середине 1993 г. В течение 1993–1994 гг. было проведено 4 экспозиции детекторов, совпавших по времени с периодами спокойного Солнца.

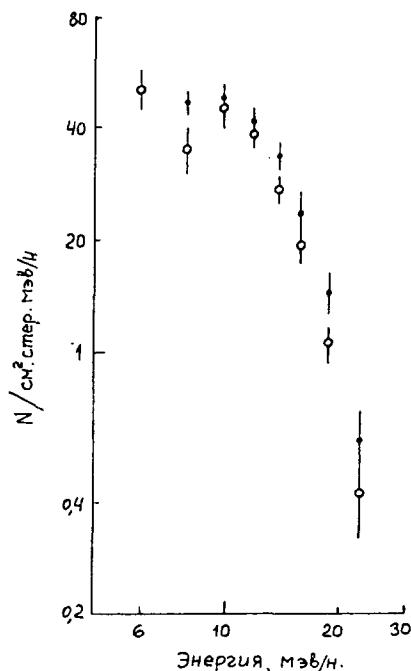


Рис.2

Рис.2. Энергетические спектры ионов с $Z \geq 6$, зарегистрированные в 1993 г. (черные точки) и в 1987 г. (светлые кружки)

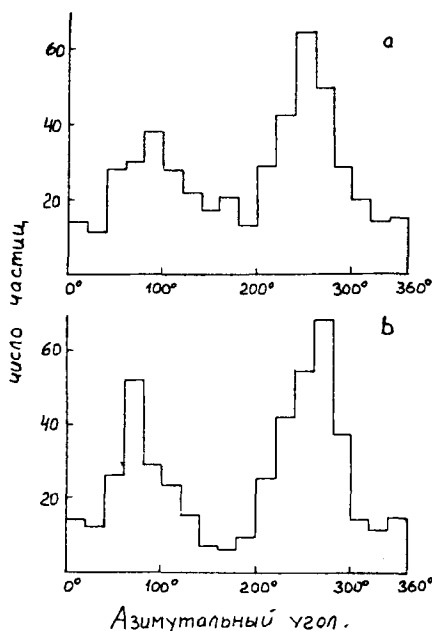


Рис.3

Рис.3. Распределения по азимутальным углам треков от ионов, зарегистрированных а – в 1993 г. и б – в 1987 г.

Результаты этих экспозиций оказались несколько неожиданными в том смысле, что зарегистрированные нашими детекторами потоки АК оказались очень большими. Дело в том, что очередной минимум солнечной активности следующего, 23-го, цикла ожидался не ранее 1995–1996 гг. И хотя уже в 1992 г. нейтрояные мониторы зарегистрировали значительное возрастание интенсивности ГКЛ [5], а на американском спутнике SAMPEX уже в июне 1992 г. были обнаружены ионы АК [6], тем не менее, тот факт, что потоки АК в середине 1993 г. оказались такой же величины, как в период минимума в 1987 г., сам по себе нетривиален. В прошедшем 22-ом цикле (рис.1) и в предыдущем 21-ом цикле [7] наблюдалась корреляция между потоками АК и ГКЛ. В настоящее время, как видно из рис.1, эта корреляция оказалась нарушенной: потоки ГКЛ в 1993–1994 гг. по величине достигли лишь уровня 1985–1986 гг., а потоки АК уже превышают уровень 1987 г. – уровень минимума солнечной активности 22-го цикла. Пока что это явление не объяснено, хотя имеются некоторые гипотезы [6].

Что касается других характеристик потоков АК, зарегистрированных детекторами в 1993 г., то они не изменились по сравнению с наблюдавшимися в 1987 г. Из рис.2, где представлены энергетические спектры ионов, зарегистрированных в 1987 г. и в 1993 г., видно, что эти спектры подобны. Зарядовый состав потока ионов в 1993 г. определяется следующими соотношениями: $C/O = 0,009 \pm 0,003$, $N/O = 0,091 \pm 0,010$. В 1987 г. эти соотношения имели значения: $C/O = 0,03 \pm 0,01$, $N/O = 0,12 \pm 0,04$ [1].

Практически не изменились и угловые распределения ионов, регистрируемые детекторами. На рис.3 изображены азимутальные угловые распределения треков в стопках, экспонированных в 1987 г. и в 1993 г. Как было показано нами ранее [8], резкая анизотропия угловых распределений регистрируемых аномальных ионов объясняется тем, что, будучи однократно заряженными, они проникают глубоко в магнитосферу Земли, где теряют электронную оболочку и захватываются геомагнитным полем, образуя радиационный пояс Земли. Таким образом, наблюдаемое в последних экспозициях анизотропное угловое распределение свидетельствует о том, что в 1993–1994 гг. в магнитосфере Земли вновь появился и стабильно существует радиационный пояс из ионов аномальной компоненты ГКЛ. К такому же выводу пришли и американские исследователи после анализа экспериментальных данных, полученных с помощью электронной аппаратуры на спутнике SAMPEX [9].

-
1. Н.Л.Григоров, В.В.Бобровская, М.А.Кондратьева и др., Препринт НИИЯФ МГУ-88-48-69, 1988, Москва.
 2. F.V.McDonald, B.J.Teegarden, J.H.Trainor, and W.R.Webber, *Astrophys. J. Lett.* **187**, L105, 1974.
 3. L.A.Fisk, B.Kowlovsky, and R.Ramaty, *Astrophys. J. Lett.* **190**, L35 (1974).
 4. Н.Л.Григоров, В.В.Бобровская, М.А.Кондратьева и др., Изв. АН СССР, сер, физ. **55**, 2017 (1991).
 5. *Solar Geophys. Data N601, Part 1*, 113 (1194).
 6. R.A.Mewaldt, A.C.Cummings, J.R.Cummings et al., *Proc.23 ICRC 3*, 404 (1993), Calgary, Canada.
 7. R.A.Mewaldt, *Proc.22 ICRC 6*, 161 (1990), Adelaide, Australia.
 8. Н.Л.Григоров, Д.А.Журавлев, М.А.Кондратьева и др., *Косм. иссл.* **31**, 91 (1993).
 9. J.R.Cummings, A.C.Cummings, R.A.Mewaldt et al., *Proc.23 ICRC, 3*, 428 (1993), Calgary, Canada.