

ПОИСК СЛЕДОВ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕР С $Z \geq 110$ В ОЛИВИНАХ ИЗ МЕТЕОРИТОВ

В.П. Перельгин, С.Г. Стеценко

Представлены результаты исследований треков ядер из состава галактических космических лучей в кристаллах оливина из метеоритов. Среди выявленных треков ядер с $Z \geq 60$ около 150 отнесено к трекам ядер группы урана, трек длиной 365 мкм возможно является треком ядра с $Z \geq 110$.

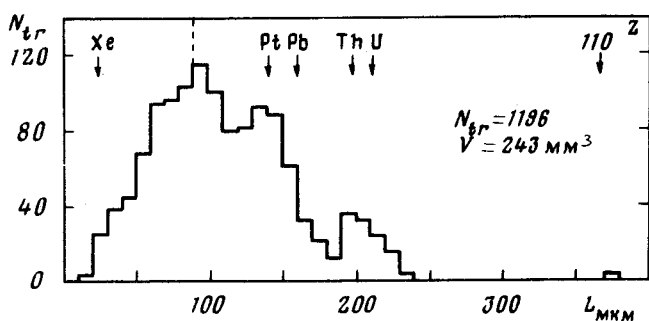
Начало поискам сверхтяжелых ядер ($Z \geq 110$) в составе галактических космических лучей было положено при изучении треков ядер в толстых слоях ядерной эмульсии, экспонировавшейся в верхних слоях атмос-

феры на шарах-зондах [1]. В последовавших исследованиях использовались также многослойные детекторы из полимерных материалов в сочетании с черенковскими детекторами. Во всех работах [2, 3] было идентифицировано 23 трека ядра с $86 \leq Z \leq 100$ и ни одного трека ядра с $Z \geq 110$. Анализ этих результатов [4] показывает, что идентификация треков ядер в области $86 \leq Z \leq 100$ сложнее, чем предполагалось. В экспериментах Ариэль-VI и НЕАО-С [5] в области зарядов ядер $86 \leq Z \leq 100$ пока получены предварительные результаты. Для эффективного поиска сверхтяжелых ядер необходимо использовать методику с более высокой чувствительностью, что требует создания на орбитальных станциях трековых или электронных детекторов с площадью $\sim 100 \text{ м}^2$ и длительным, не менее года, временем экспозиции. Способность силикатных кристаллов из метеоритов (оливинов, пироксенов) регистрировать и сохранять в течение длительного времени ($> 10^8$ лет) треки ядер с $Z \geq 20$ [6] создает новые возможности для поиска сверхтяжелых элементов в составе галактических космических лучей. Простая оценка показывает, что в 1 см^3 таких кристаллов, расположенных на глубине $\leq 5 \text{ см}$ от доатмосферной поверхности метеорита за 10^8 лет может быть зарегистрировано $10^2 + 10^3$ треков ядер с $Z \geq 90$, а в кристаллах из поверхностных участков метеорита (глубина $\leq 1 \text{ см}$) до 10^4 треков.

В начале этих исследований, в 1974 – 1979 г., были проведены измерения плотности треков группы железа в кристаллах оливина из 20 метеоритов типа палласитов и медосидеритов. Для поиска треков сверхтяжелых ядер были отобраны оливины из метеоритов Марьялахти, Игл Стейшн и Липовский Хутор, в которых обнаружены участки, расположенные на глубине от 2 + 6 см от доатмосферной поверхности метеоритов. Были выполнены опыты по калибровке кристаллов оливина ионами от Ti до Xe, ускоренными на ускорителях, по идентификации треков ядер, их дискриминации от фигур травления капиллярных включений и дислокаций [7, 8]; по разработке методик выявления треков ядер, с полной гравимой длиной [9].

Анализ разделения длин треков, полученных при просмотре $\sim 700 \text{ мм}^3$ оливинов из метеорита Марьялахти [10] проводился на основе данных о травимых длинах треков ядер в предположениях модели Каца и Кобетича [11] и калибровок ускоренными тяжелыми ионами, более 5500 треков было отнесено к области $Z \geq 50$. Значения распространенностей ядер с $Z \geq 50$ в галактических космических лучах [10], полученные на основе данного распределения удовлетворительно согласовались с результатами экспериментов по регистрации ядер космических лучей и данными о распространенности элементов в Солнечной системе [12]. Для значительного повышения чувствительности поиска треков сверхтяжелых ядер была применена методика искусственного отжига треков ядер (помещение кристаллов с треками в среду с повышенной температурой в течение определенного времени) для повышения порога регистрации треков в кристаллах. Поведение треков ядер при отжиге исследовалось на треках ускоренных тяжелых ионов Fe, Cr, Ge, Kr, Xe [13]. По результатам этих экспериментов проводился отжиг при $T = 430^\circ \text{C}$ в течение 32 часов значительного количества ($\sim 6 \text{ см}^3$) кристаллов оливина из метеорита Марьялахти, травимая длина треков ус-

коренных ядер Xe ($E = 8,3$ МэВ/нуклон) составила $(26 \pm 2,5)$ мкм. Травимые длины треков ядер в кристаллах оливина при этом должны составлять: $Z \geq 110 \sim 350 - 400$ мкм, ядер группы $\text{U} \sim 180 - 240$ мкм, группы Pt , $\text{Pb} \sim 140 - 180$ мкм. В распределении травимых длин треков ядер (рисунок) выделяется группа треков, с длинами $180 - 240$ мкм, относящимися к трекам группы урана. Нужно отметить, что примененная процедура выявления треков в кристаллах — отжиг, облучение лазером — имеет высокую эффективность для треков длиной > 100 мкм и значительно меньшую для треков длиной $20 + 50$ мкм, чем и объясняется уменьшение числа треков < 100 мкм от ядер с $Z < 70$. Единственный трек с травимой длиной 365 мкм может быть треком ядра с $Z \geq 110$. Следует отметить, что проведенные измерения ориентации этого трека в кристалле показали, что он не совпадает с основными кристаллографическими направлениями. Это позволяет исключить явление канализования, а также ростовые дефекты структуры как ответственные за образование этого трека. Распространенность ядер с $Z \geq 110$ относительно распространенности ядер урана $P_{Z \geq 110}/P_{\text{U}} = (1 + 3) \cdot 10^{-3}$ согласуется распространенностями сверхтяжелых ядер $10^{-1} \leq P_{Z \geq 110} : P_{\text{U}} < 10^{-4}$ [14].



Распределение длин треков, измеренное в отожженных кристаллах оливина из метеоритов Марьялахти и Игл Стейшн. Эффективность выявления оптимальна для треков длиной ≥ 100 мкм

Примененная при обработке этих кристаллов процедура отжига соответствует устранению непроявленных треков с удельными потерями $2,4 \cdot 10^{10}$ эрг/см, что соответствует ионизации, создаваемой гипотетическими многократно заряженными монополями Дирака с магнитным зарядом $n = 5$. Отсутствие в просмотренных нами оливинах протяженных фигур травления, характеризующихся постоянством скорости травления вдоль трека, позволяет установить верхнюю границу распространенности многократно заряженных монополей. ($n \geq 6$) в космическом пространстве на уровне $\leq 6 \cdot 10^{-20}$ I/см² сек · стерад.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность академику Г.Н.Флерову за постоянное внимание к работе и полезные обсуждения.

Литература

- [1] P.H.Fowler et al., Proc. Roy. Soc., A301, 1967.
 - [2] P.H.Fowler et al. Proc. of the 15-th Int. Cosmic Ray Conf., Plovdiv, 11, 165, 1977.
 - [3] E.K.Shirk, P.B.Price. Appl. J., 220, 719, 1978.
 - [4] J.-P.Meyer. Proc. of the 16-th. Cosmic Ray Conf. Kyoto, 1, 374, 1979.
 - [5] P.H.Fowler et al. Preprint Department of Physics, University of Bristol, July 1980.
 - [6] R.L.Fleischer et al. J. Geophys. Res., 72, 331, 1967.
 - [7] Г.Н.Флеров и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 39, 388, 1975.
 - [8] Г.И.Доливо-Добровольская и др. Геохимия, №10, 1476, 1976.
 - [9] V.P.Pereygin et al. Nuclear Track Detection, 1, 199, 1977.
 - [10] Д.Лхагвасурен и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 43, 862, 1979.
 - [11] R.Katz, E.J.Kobetich. Phys. Rev., 170, 401, 1968.
 - [12] A.G.W.Cameron. Space Sci. Rev., 15, 121, 1973.
 - [13] D.Lhagvasuren et al. Solid State Track Detectors, Pergamon Press, Oxford, 997, 1980.
 - [14] D.N.Schramm et al. Astrophys. J., 221, 694, 1978.
-