

НОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕКОВ, ОБРАЗОВАННЫХ В ОЛИВИНЕ ПАЛЛАСИТОВ ЯДРАМИ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Кашкаров Л.Л.⁽¹⁾, Полухина Н.Г.⁽²⁾, Старков Н.И.⁽²⁾, Калинина Г.В.⁽¹⁾, Ивлиев А.И.⁽¹⁾,
Александров А.Б.⁽²⁾, Гончарова Л.А.⁽²⁾, Апачева И.Ю.⁽²⁾

⁽¹⁾ГЕОХИ РАН; ⁽²⁾ФИАН

cosmo@geokhi.ru; ugeochem@geochem.home.chg.ru; poluhina@sci.lebedev.ru

Ключевые слова: треки тяжелых и сверхтяжелых ядер космических лучей, оливин из метеоритов, автоматизированный просмотр твердотельных трековых детекторов

Введение. Реализация проекта ОЛИМПИА [1] фактически является продолжением исследований, проводимых ранее в ЛЯР ОИЯИ [2]. При этом используется способность силикатных кристаллов из метеоритов регистрировать и сохранять в течение длительного времени треки ядер с $Z \geq 23$, входящие в состав галактических космических лучей (ГКЛ). Радиационный возраст метеоритов - палласитов составляет $\sim (5 \div 20) \times 10^7$ лет. За это время в 1 см^3 кристаллов оливина, расположенных на глубине меньше $\sim 5 \text{ см}$ от до атмосферной поверхности метеороида, образуется $\sim (10^2 \div 10^3)$ треков от ядер с $Z \geq 90$. Измеряя параметры древних и вновь образованных ускоренными ядрами треков, можно изучать зарядовый состав ядер ГКЛ. В настоящем сообщении приводятся основные положения нового методологического подхода в трековых исследованиях, разрабатываемой нами на базе высокоэффективной, полностью автоматизированной измерительной системы ПАВИКОМ [3].

Методология определения параметров треков. Вычислительная программа, обеспечивающая измерения геометрических параметров треков на ПАВИКОМ, позволяет проводить объемный просмотр исследуемых кристаллов с регистрацией координат треков с точностью $\sim 1 \text{ мкм}$. Кроме того, программа приспособлена для проведения анализа геометрической формы треков по всему травимому интервалу – от начальной, входной точки на поверхности кристалла до верхней, конечной на данном этапе травления, что является крайне важным для опознания химически протравливаемых дефектов и дислокаций. Основными результатами этих измерений являются распределения треков по длине и форме. Принятая нами методология основана на измерении параметров треков в процессе химического травления кристаллов оливина из палласитов и базируется на следующих основных положениях:

(а) Геометрические характеристики индивидуальных треков в процессе их поэтапного химического травления прослеживаются и измеряются с высокой точностью на установке ПАВИКОМ. Основными узлами автоматизированного микроскопа ПАВИКОМ - 2 являются: прецизионный стол фирмы Carl Zeiss с блоком управления, цифровая CCD-камера и компьютер. Изображение в камере создается объективом микроскопа, с $60\times$ увеличением. Аналоговый видеосигнал, формируемый видеокамерой, подается на вход аналого-цифрового преобразователя – карты захвата и оцифровки изображения, которая передает оцифрованный видеосигнал в память компьютера. Использование метода последовательного, послойного удаления вещества оливина позволяет изучать треки по всему объему исследуемых кристаллов;

(б) На начальном и последующем этапах выявления треков используются различные условия химического травления, позволяющие в широких пределах варьировать эффективность травления треков, образованных ядрами VH-, VVH - групп и ядер более тяжелых элементов;

(в) Главное внимание уделяется измерению двух основных параметров треков: (1) скорости травления вещества оливина вдоль следов торможения ядер и (2) полной остаточной длины протравливаемого трека в начальной, высокоэнергичной области формирования треков;

(г) Калибровка используемых параметров треков ядер ГКЛ осуществляется: (1) экспериментально, путем аналогичных способов травления и измерения треков, образованных в кристаллах оливина исследуемых метеоритов, ускоренными до релятивистских скоростей ионами Хе, Рб и U с последующей экстраполяцией данных в область более тяжелых ядер; (2) теоретически

исходя из результатов расчета удельных ионизационных потерь энергии ядер в области энергии, соответствующей началу формирования химически протравливаемых треков;

(д) Контроль степени отжига следов торможения ядер в зоне начала формирования треков, несмотря на крайне низкую вероятность проявления эффекта отжига в космических условиях существования метеоритов-палласитов, выполняется методами изохронного и изотермического лабораторного отжига. При этом изучаются две группы образцов оливина: первая, с анализом и сопоставлением характера распределения параметров древних треков ядер VVH-группы ГКЛ для отожженных и не подвергавшихся отжигу образцов; и вторая, для кристаллов оливина, облученных ускоренными до релятивистской энергии ионами Хе, Pb и U;

(е) Оценка ожидаемого числа треков, образованных ядрами (Th-U)-группы и ядрами с $Z \geq 110$, в 1 см^3 исследуемых кристаллов оливина из палласита Марьялахти, составляет 300 ± 400 и 0.3 ± 1.2 , соответственно. Таким образом, для обнаружения нескольких событий торможения и остановки ядер трансурановых элементов в этих кристаллах необходимо проведение детального изучения, по крайней мере, около 5 см^3 суммарного объема образцов оливина.

Результаты. Некоторые предварительные результаты определения зарядового спектра ядер VVH-группы ГКЛ представлены в виде гистограммы на Рис.1. Основные динамические и геометрические параметры были измерены для 42 треков, наблюдаемых в кристаллах оливина из палласита Марьялахти. Травление треков проводилось в течение 48 час в модифицированном WN-растворе в условиях: $\text{pH} = 8.0 \pm 0.2$, $T = (110 \pm 1)^\circ\text{C}$. Скорость травления треков $V_{\text{TR}} = \text{RR}/t$, где RR – длина протравливаемого трека в интервале пробега ядер с величиной первичной ионизации $(dJ/dx) > (dJ/dx)_C$. Критическое значение $(dJ/dx)_C$ для оливина, используемое нами в расчетах, равно $\sim 18 \text{ МэВ/мг}\cdot\text{см}^{-2}$ [4].

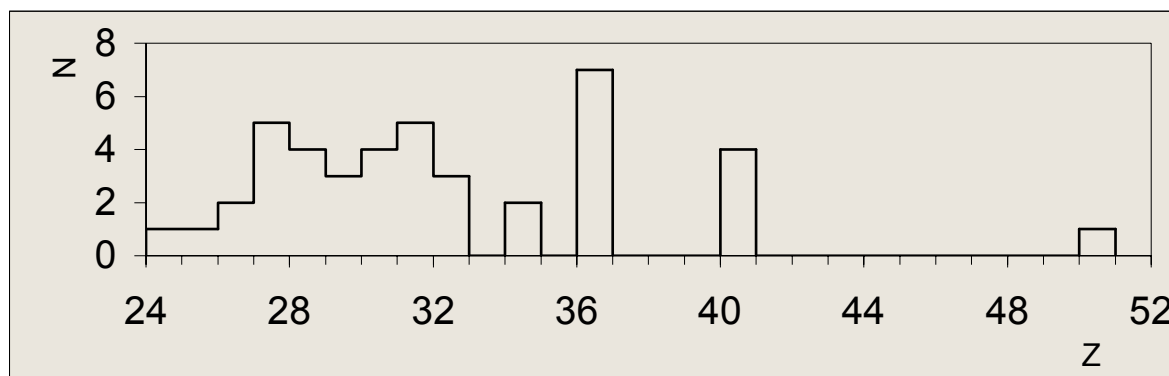


Рис.1. Распределение заряда ядер ГКЛ для 42 треков, протравленных в кристаллах оливина, выделенных из палласита Марьялахти

Заключение. Основная новизна принятой нами методологии заключается в следующем: (а) высокоточное измерение динамических (скорость травления треков) и геометрических (длина и диаметр треков в различных участках) параметров для (б) предварительно специально не отожженных древних треков, (в) химически протравливаемых в специальных условиях в кристаллах оливина из палласитов.

Исследования проводятся при поддержке РФФИ, грант № 06-02-16835

Литература

1. Гинзбург В.Л., Фейнберг Е.Л., Полухина Н.Г. и др. // ДАН. 2005. Т.402. №4. СС. 1-3.
2. Perehygin V.P., Abdullaev I.G., Bondar Yu.V. et al. Nuclear Physics. 2003. A718. PP. 422-424.
3. Polukhina N.G., Aleksandrov A.B., Apacheva I.Yu. et al. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. 2004. A 535. PP. 542-545.
4. Horn P. et al. Zeitschrift fur Naturforschung. 1967. 22 a. N11. PP. 1793-1798.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(24) 2006

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2006)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/planet-6.pdf

Опубликовано 1 июля 2006 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2006

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна