

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-650(40)-83

А.Б.АКОПОВА, Л.В.МЕЛКУМЯН,
В.П.ПЕРЕЛЫГИН, С.Г.СТЕЦЕНКО

УСРЕДНЕННЫЕ ПО ВРЕМЕНИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
СПЕКТРЫ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕР С $Z \geq 50$

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

Исследования зарядового и энергетического спектров компоненты галактических космических лучей с $Z \geq 50$ затруднены ввиду малой интенсивности таких ядер, составляющей $(2-4) \cdot 10^4$ интенсивности ядер группы железа.

Существуют и развиваются два направления исследований, позволяющих получить сведения о зарядовом и энергетическом спектрах ядер в этой области Z с достаточной надежностью. Это, во-первых, опыты по прямой регистрации тяжелых и сверхтяжелых ядер с помощью трековых и электронных детекторов, экспонируемых на шарах-зондах в верхних слоях атмосферы, а также на искусственных спутниках Земли и межпланетных станциях.

Начало систематическим исследованиям в этом направлении было положено в 1967 году в работе Фаулера и др. [1], выполненной с помощью стопки ядерной эмульсии площадью 1 м^2 , находившейся в верхних слоях атмосферы в течение 24 ч.

Начиная с 1968 года такие исследования проводились Фаулером в сотрудничестве с группами Прайса, Уокера, Флейшера [2] с использованием наряду с ядерными эмульсиями стопок полимерных пленок, а также черенковских детекторов. В 1973 году стопка полимерных детекторов площадью около $1,3 \text{ м}^2$ экспонировалась на

орбитальной станции "Скайлаб" в течение более 8 месяцев. Суммарное время экспозиции, полученное в течение более 10 лет интенсивных исследований с помощью трекового метода, не превышает 2-2,5 м²/год. В итоге исследований в экспериментах на шарах-зондах и орбитальной станции "Скайлаб" было идентифицировано 23 трека космических ядер в области атомных номеров $86 \leq Z \leq 100$ [1,3]. Несмотря на попытки усовершенствовать методику определения зарядов космических ядер по параметрам треков - их ширины (ядерные эмульсии), скорости травления вдоль следа (пластики) - точность идентификации зарядов космических ядер была невелика, что в некоторых случаях приводило к завышению значений Z ядер.

Запуск летом и осенью 1979 года двух больших детекторов Ариэль У1 и НЕАО-С [4], специально предназначенных для регистрации и идентификации тяжелых космических ядер по черенковскому излучению и излучению, вызванному возбуждением атомов газов, должен был привести к повышению точности измерения атомных номеров в области $Z \geq 30$. Однако регистрация двух ядер с зарядами 98 и 114 при отсутствии событий в области $88 \leq Z \leq 96$ показывает, что в установке Ариэль-У1 не все проблемы идентификации Z ядер решены.

Для эффективного поиска сверхтяжелых ядер необходимо обеспечить повышение чувствительности детекторов, что требует создания трековых или электронных детекторов площадью в несколько десятков квадратных метров и времени экспозиции на орбитальных станциях не менее года.

Другой путь проведения исследований космических лучей с $Z \geq 50$ основан на установленной в 1964 году Мореттом, Пел-

ласом и Уокером [5] способности силикатных и фосфатных минералов из метеоритов регистрировать и сохранять в течение десятков и сотен миллионов лет следы от остановок галактических ядер с $Z > 20$.

Существование космических ядер с $Z > 30$ было впервые обнаружено в 1966 году путем наблюдения треков длиной более 30 мкм в оливинах из палласита Игл Стейшн [6] и пироксенах из мезосидерита Эстервилл [7].

Преимуществом этого направления исследований галактических космических ядер является длительное время экспозиции минералов, достигающее десятков и сотен миллионов лет.

Простые оценки показывают, что в одном кубическом сантиметре силикатных минералов из метеоритов, находящихся на расстоянии не более 5 см от их первоначальной (доатмосферной) поверхности, в течение $10^7 - 10^8$ лет должно содержаться от 10^2 до 10^4 следов от остановок ядер группы урана-тория [8]. Проведенные ранее оценки травимых длин таких треков показывают, что области атомных номеров около 92 в оливинах должны соответствовать травимым длинам менее 1 мм и ~ 1 мм в пироксенах [9].

Систематические исследования таких треков в минералах из метеоритов до последнего времени не получили широкого распространения ввиду специфических трудностей, связанных с выбором подходящих объектов исследования, необходимостью выявления полных травимых длин треков в объеме кристаллов, отсутствием калибровок минералов из метеоритов ускоренными ядрами с $Z > 36$, а также частичной регрессией треков за десятки и сотни миллионов лет пребывания метеоритов в космическом пространстве.

В связи с этим вплоть до 1973 года было предпринято лишь не-

сколько попыток исследования треков ядер с $Z > 30$ в минералах, облученных галактическими ядрами. В 1968 году Моретт и др. [10], используя технику последовательной полировки кристаллов с двух сторон и травления, обнаружили в гиперстенах метеорита Джон - стаун треки длиной свыше 300 мкм, вплоть до 1050 мкм.

Следующим шагом в развитии техники выявления объемных треков в кристаллах явилась работа Лала и др. [11], предложивших использовать методику "Трек в треке" (TINT) и "Трек в микроскопическом дефекте структуры" (TINGLE). Однако авторам работы [11], исследовавшим пироксены и оливины метеорита Патвар, не удалось обнаружить треки длиннее 600 мкм. В 1971 году Прайс и др. [12] обнаружили в кристаллах пижонита из лунного образца I2021 два трека с длинами: > 900 мкм и > 1 мм.

Таким образом, вплоть до начала наших исследований было найдено всего три трека длиной 0,9 - 1 мм (область атомных номеров $Z \geq 80$).

Следует отметить, что оливины из палласитов обеспечивают ряд преимуществ по сравнению с другими кристаллами внеземного происхождения.

А. Большие размеры кристаллов оливина (до нескольких сантиметров), их прозрачность облегчают исследования спектров длин треков ядер с $Z \geq 50$.

Б. Химический состав оливинов одинаков для каждого данного палласита [13].

В. Более высокий порог выявления треков в оливинах по сравнению с пироксенами снижает фон следов ядер группы железа по сравнению с пироксенами примерно в 1,7 - 2,4 раза [14,15].

Г. Радиационный возраст палласитов обычно в среднем в несколько раз больше, чем у каменных метеоритов и лунных образцов [16], что объясняется малой эрозией оливинов, заключенных в железоникелевую матрицу из-за микрометеоритных ударов по сравнению с каменными метеоритами и лунными образцами.

На первом этапе наших исследований были проведены измерения плотности треков ядер группы железа в оливинах из 14 палласитов, которые позволили отобрать наиболее подходящие объекты для исследования треков ядер с $Z \geq 50$.

Были выполнены опыты по калибровке оливинов из палласитов ускоренными ионами от титана до ксенона [17,18], по термической стабильности треков ядер в этих кристаллах [19], по дискриминации и идентификации треков ядер с $Z \geq 50$ в условиях фона фигур травления капиллярных включений и дислокаций в оливинах из палласитов [20].

В работе [21] сообщались данные о распространенности групп ядер в области $Z > 50$, полученные при просмотре около 540 мм³ оливинов из метеорита Марьялахти.

Кристаллы оливина в палласитах заключены в железоникелевую матрицу, и извлечение их является сложной задачей. Некоторое количество кристаллов оливина извлекалось механическим способом, использовалось также травление железоникелевой матрицы раствором азотной кислоты или электролитическое травление. Извлекая кристаллы механически, трудно было получить неповрежденные образцы большого размера, но извлеченные кристаллы были несколько чище, так как в трещины не попадали продукты травления матрицы палласитов.

При извлечении кристаллов особое внимание обращалось на их

ориентацию относительно коры плавления с тем, чтобы обеспечить оптимальные условия выявления треков. Для удобства работы отобранные кристаллы размерами ≥ 2 мм монтировались в таблетки из эпоксидной смолы диаметром 20–25 мм так, чтобы одна из граней кристалла выходила на ее поверхность.

Кристаллы оливина шлифовались, а затем полировались. Для выявления в них треков использовали травящий раствор [22], модифицированный добавлением 3% щавелевой кислоты [23]. Пороговый характер регистрации заряженных частиц минералами (рис. I), а также разница в ионизационных потерях частиц с отличающимся атомным номером обуславливает различие травимых длин треков ядер [6,7].

Настоящая работа является продолжением цикла исследований треков галактических космических ядер в минералах из метеоритов с целью определения усредненных по времени зарядовых и энергетических спектров ядер с $Z \geq 50$. Для этого были отобраны кристаллы из двух образцов метеорита, расположенных на глубинах $6 \pm 0,6$ см и 9 ± 1 см от первоначальной поверхности 4,8 кг фрагмента метеорита Марьялахти из коллекции Музея естественной истории г.Хельсинки.

Поскольку радиационный возраст этого метеорита составляет 176 млн лет, зарядовые и энергетические спектры космических лучей усреднялись по этому интервалу времени.

Из локализации на глубине 6 см было извлечено более 1200 кристаллов и около 1100 кристаллов, расположенных на глубине 9 см. Глубина расположения образцов в метеоритах определялась в зависимости от плотности треков ядер группы железа и известного радиационного возраста метеорита [22]. Площади отполиро-

ванных поверхностей смонтированных кристаллов составляли от 3 до 20 мм². Для создания системы искусственных щелей значительная часть кристаллов облучалась на ускорителе или лазерной установке. Кристаллы, содержащие естественные или искусственные трещины и дефекты, травились и просматривались под микроскопом.

Результаты просмотра более 1 см³ кристаллов оливина с глубин локализаций 6 см и 9 см из метеорита Марьялахти представлены на рис.2,3.

Главная трудность при интерпретации распределения длин треков ядер состояла в установлении однозначной зависимости травимых длин треков ядер от атомного номера Z из-за отсутствия калибровки кристаллов оливина ускоренными частицами с $Z > 36$. При анализе полученных результатов необходимо учитывать эффект регрессии треков в космических условиях, а также изменение первичного спектра космических лучей вследствие ядерных взаимодействий с межзвездным газом и с веществом метеорита [9,11]. Эффекты взаимодействия приводят к расплыванию пиков распределения длин в областях ($Z = 76 \div 83$) и ($Z = 90 \div 92$).

Использовались экспериментальные данные о травимых длинах ускоренных ядер с $Z = 23 \div 36$ [4,9,15,19] и экстраполяция данных в рамках модели, предложенной Кацем и Коубтичем [24], с учетом регрессии треков ядер группы железа от 13,5 до 7–8 мкм в оливинах Марьялахти (рис. I). По оценкам, приведенным в работах [4,8], регрессия в космических условиях приводит к сокращению длин следов ядер с $Z \geq 36$ приблизительно на 20–25%.

Из рис. Iб следует, что травимая длина треков атомных номе-

ров $Z = 50, 70, 80, 90$ составляет соответственно 130, 270, 560 и 710 мкм, длина треков ядер с $Z \geq 110$ должна соответствовать $l \geq 1400$ мкм.

Правомерность этой экстраполяции проверялась путем сопоставления полученной нами усредненной во времени распространенности групп элементов в Солнечной системе (табл. I). В табл. I приведены также данные о распространенности групп элементов, полученные в течение 15 лет с помощью ядерных эмульсий и полимерных трековых детекторов. Можно отметить достаточно удовлетворительное согласие распространенности космических ядер группы урана с данными о распространенности актиноидов в Солнечной системе к концу нуклеосинтеза.

Невозможность учета воздействия термической регрессии в космических условиях, недостаточность сведений о взаимодействии ядер тяжелее олова с ядрами элементов матрицы и отсутствие возможности калировки чувствительности кристаллов оливина тяжелыми ядрами пока весьма затрудняют более детальную расшифровку спектров ядер по трайным длинам.

Относительная распространенность ядер группы платина-свинец по крайней мере в 20-25 раз выше, чем ядер актиноидов. Распространенность актиноидов, полученная в опытах с оливинами, в несколько раз ниже, чем в экспериментах с ядерными эмульсиями и полимерами.

В этих экспериментах по выявлению и идентификации треков космических ядер не было найдено ни одного трека длиной ≥ 1400 мкм. Единственный трек длиной более 1110 мкм может быть треком ядра в области атомных номеров $Z \geq 98$. Его обнаружение не противоречит данным работы [25] о наблюдении нескольких ано-

мально длинных треков в кристаллах оливина, подвергшихся избирательному отжигу.

Полученные результаты позволяют оценить показатель спада энергетического спектра ядер для групп $50 \leq Z \leq 70$; $70 \leq Z \leq 90$ и $Z \geq 90$. Результаты приведены в табл. 2. При этом учитывался разброс по энергиям ядер, обусловленный геометрией облучения кристаллов галактическими космическими лучами, который оценивался по угловым распределениям треков в кристаллах (рис. 4).

Полуширина азимутального распределения углов φ обуславливает 10-12% разброс энергетического спектра галактических космических ядер для каждой данной локализации; кроме того, существенен разброс пробегов ядер с различными атомными номерами Z в пределах каждой группы.

При определении показателя спада спектра χ учитывали наряду с различиями в соотношении пробег-энергия групп ядер процессы ядерного взаимодействия при прохождении средними и тяжелыми ядрами 3 см матрицы палласитов. При этом параметр ядерного взаимодействия был принят равным $\tau = 1,14 \Phi$ [26].

Учет процесса фрагментации вносит наибольшую неопределенность для группы делящихся ядер ($Z \geq 90$), где $\sim 70\%$ случаев взаимодействия приводят к делению налетающего ядра, а еще примерно в 20% случаев ядра теряют несколько протонов и переходят в группу более легких ядер.

Из данных табл. 2 можно заключить, что галактические космические ядра имеют энергетический спектр, подобный спектру ядер группы железа. Этот результат усреднен за интервал времени

175 млн лет.

Дальнейшие исследования зарядовых и энергетических спектров наиболее тяжелых ядер целесообразно проводить с метеоритами, имеющими различный радиационный возраст, например, с метеоритами Липовский хутор, Патвар, Игл Стейшн, Тугалын Булеен, имеющих радиационный возраст соответственно 220, 90, 45 и 7 млн лет. В этом случае, возможно, удастся обнаружить вариации состава и интенсивности галактических космических лучей, обусловленные возможными близкими взрывами сверхновых звезд (например, при прохождении спирального рукава Галактики Солнечной системы 120+150 млн лет назад). В этом случае в зарядовом спектре могут быть обнаружены короткоживущие трансурановые ядра с $Z \geq 96$ вплоть до сверхтяжелых ядер, а также аномалии в энергетическом спектре и распространенности ядер.

Точность определения атомных номеров Z в таких исследованиях может быть существенно повышена, когда в распоряжении экспериментаторов будут пучки ускоренных ионов He, Ta, Pb, U с энергиями от 20 МэВ/нуклон вплоть до нескольких сотен МэВ/нуклон.

Представляется перспективным применение этой методики к исследованиям кристаллов лунного происхождения, не подвергавшимся, подобно метеоритам, термическому воздействию при прохождении плотных слоев атмосферы.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Г.Н.Флеорову за организацию сотрудничества и постоянное внимание к работе.

Таблица I

Распространенность элементов с $Z \geq 50$
в галактических космических лучах и Солнечной
системе по отношению к ядрам группы железа

ядер Z	Оливини из метеорита Марьялахти		Эмвильский пластыни (Фаулер, Трайс и др.)		Солнечная система (Камерон)	
	N_{TP}	N_Z/N_{Fe}	N_{TP}	N_Z/N_{Fe}	N_Z/N_{Fe}	N_Z/N_{Fe}
≥ 50	4391	$1.4 \cdot 10^{-5}$	477	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$3.4 \cdot 10^{-5}$	
≥ 70	2170	$5.5 \cdot 10^{-6}$	195	$7.5 \cdot 10^{-6}$	$8.7 \cdot 10^{-6}$	
≥ 86	-	-	23	$8 \cdot 10^{-7}$	$1.1 \cdot 10^{-7}$ ж)	
≥ 90	103	$2 \cdot 10^{-7}$	-	-	$1.1 \cdot 10^{-7}$ ж)	
≥ 98	1	$2 \cdot 10^{-9}$	-	-	-	

ж) Распространенность актиноидов в Солнечной
системе $4.7 \cdot 10^9$ лет назад

Таблица 2

Сводные данные по энергетическому спектру космических ядер, усредненному за период до 176 млн. лет

Интервал атомных номеров Z	Глубина 6 см		Глубина 9 см		Отношения объемных плотностей треков $N \frac{6\text{см}}{9\text{см}}$	Показатель спада спектра χ
	Плотность треков $N_{\text{тр}}/\text{см}^2$	Средняя энергия ядер $E, \text{ГэВ/нук}$	Плотность треков $N_{\text{тр}}/\text{см}^2$	Средняя энергия ядер $E, \text{ГэВ/нук}$		
$23 \leq Z \leq 30$	$5 \cdot 10^6$	$0,8 \pm 0,12$	$1,62 \cdot 10^6$	$1,1 \pm 0,17$	3,08	$2,54 \pm 0,45$
$50 \leq Z \leq 70$	2201	$1,3 \pm 0,20$	599	$1,8 \pm 0,28$	3,42	$2,2 \pm 0,7$
$70 \leq Z \leq 90$	2079	$1,6 \pm 0,24$	394	$2,2 \pm 0,35$	4,90	$2,5 \pm 0,6$
$Z \geq 90$	91	$1,8 \pm 0,27$	11	$2,5 \pm 0,39$	7,69	$2,8 \pm 0,9$

14.

Таким образом, показатель спада энергетического спектра χ ядер от олова до актиноидов существенно меньше, чем в работе Прайса и др. нашедших $\chi = 4.6$ для ядер с $Z \geq 65$.

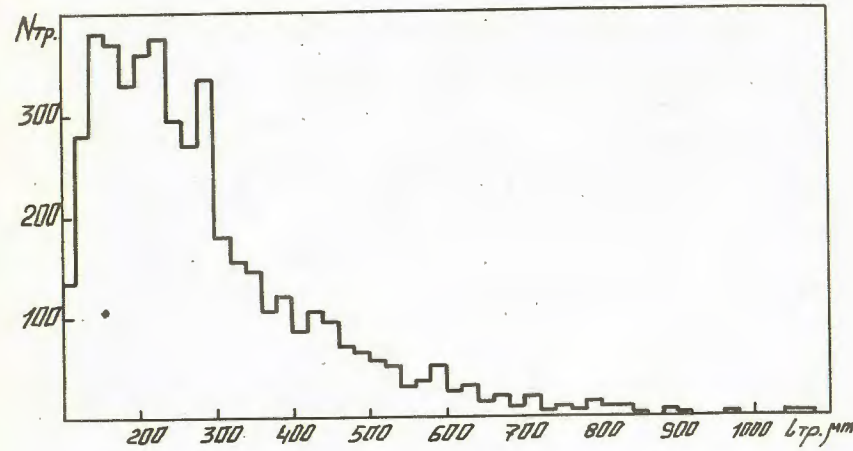


Рис. 2

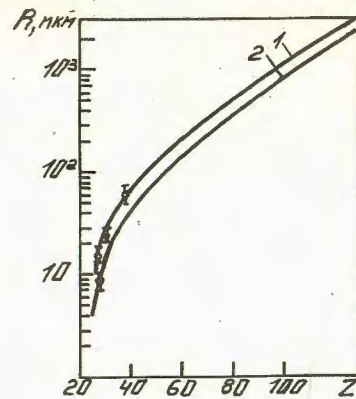


Рис. 1

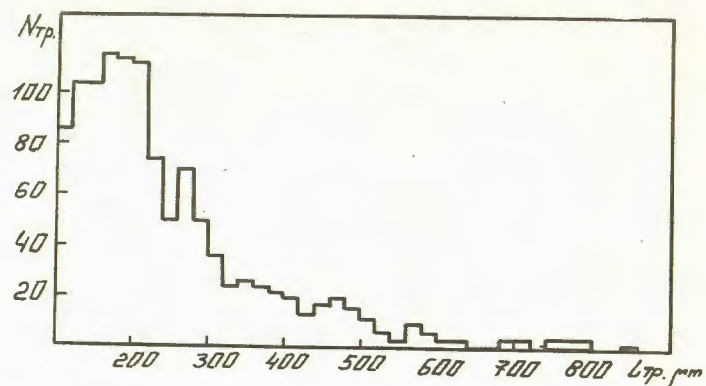


Рис. 3

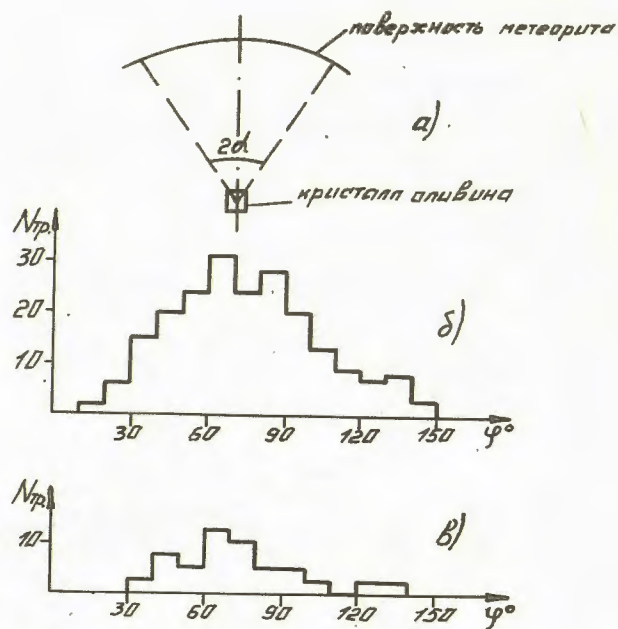


Рис. 4

Подписи к рисункам

- Рис.1 Полуэмпирические зависимости травимых длин следов ядер с $Z \geq 24$ в оливинах из метеоритов. Точками отмечены экспериментальные данные; экстраполяция в область больших атомных номеров проведена в рамках модели Каца и Кобетича [24]:
- а) в неотожженном оливине;
 - б) с учетом регрессии треков в оливинах из метеорита Марьялахти в космических условиях.
- Рис.2 Распределение длин 6652 треков ядер с $Z \geq 50$ в 540 мм^3 оливинов из метеорита Марьялахти, расположенных на глубине около 6 см.
- Рис.3 Распределение длин 1413 треков ядер с $Z \geq 50$ в 640 мм^3 оливинов из метеорита Марьялахти, расположенных на глубине около 9 см.
- Рис.4 Угловые распределения треков в кристаллах оливина:
- а) геометрия облучения кристаллов галактическими космическими лучами;
 - б) угловые распределения треков на глубине около 6 см;
 - в) угловые распределения треков на глубине около 9 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fowler P.H., Adams R.A., Cowen V.G., Kidd J.M. Highly Charged Cosmic Ray Primaries, Proceedings of the Royal Society. London 1967, ser.A 301, p.39.
2. Fleisher R.L., Price P.B., Walker R.M. Nuclear Tracks in Solids, Univ. of California Press, Berkeley, California, 1975.
3. Shirk E.K., Price P.B. Charge and Energy Spectra of Cosmic Rays with $Z \geq 60$ The Scylab Experiment. Astrophysical Journal, 1978, vol.220, p.719-733.
4. Fowler P.H., Mashedier M.R.W., Moses R.T. Heavy Primary Cosmic Ray Detector on the Ariel VI Satellite. Proceedings of the 17th International Cosmic Ray Conference, Paris July 13-25, 1981, vol.1, paper OG 6-10, 1981.
5. Maurette M., Pellas P., Walker R.M. Cosmic Ray Induced Particle Tracks in a Meteorite. Nature, 1964, vol.204, N.8, p.821-823.
6. Maurette M., Etudes des traces d'ions Lourds dans les Mineraux naturels d'origine terrestre et extra-terrestre. Bulletin de la Societe Francaise de Mineralogie et le Crystallographie, 1966, vol.89, p.41-46.
7. Fleisher R.L., Price P.B., Walker R.M. Origins of Fossil Charged Particle Tracks in Meteorites. Journal of Geophysical Research, 1967, vol.72, N.3, p.355.
8. Отгонсүрэн О., Перельгин В.П. Об идентификации следов тяжелых ядер первичного космического излучения в минералах из метеоритов, М., Атомная энергия, 1974, т.37, с.164
9. Fleisher R.L., Price P.B., Walker R.M., Maurette M. Origins of Fossil Charged Particle Tracks Meteorites. Journ.Geophys.Re+search, 1967, vol.72, N.1, p.331-354.
10. Maurette M., Thro P., Walker R.M. Fossil Tracks in Meteorites and the Chemical Abundance and Energy Spectrum of Extremely Heavy Cosmic Rays. In: Atomic Agency Symp. Meteorite Research, Vienna, 1969., Dordrecht. Reidel, 1969, p.286-315.
11. Lal D., Lorin J.C., Pellas P., Rajan R.S. On the Energy Spectrum of Iron-Group Nuclei as Deduced from Fossil-Track Studies in Meteoritic Minerals Meteorite Research ed Millman P.M., Reidel D., Publ, Co Dodrecht-Holland, 1969, p. 275-285.
12. Price P.B., Rajan R.S., Shirk E.K. Ultra-Heavy Cosmic Rays in the Moon. Geochimica et Cosmochimica Acta, Suppl. 2, 1971, N.3, p.2621-2627.
13. Buseck P.R., Goldstein J.I., Olivine Compositions and Cooling Rates of Pallasitic Meteorites. Bulletin Geological Society of America. 1969, vol.80, N.11, p.2141-2158.
14. Lorin J.C., Poupeau G. Tracks Studies in Keyes and Saint-Severin Chondrites. Meteoritica, 1973, vol.14, N.3, p.410-411.
15. Pellas P., Ducater A., Berdot J.L. Search for Pre-Irradiation Effects in Allegan Chondrite Meteorites. 1973, vol.8, N.3, p.418-419.
16. Merque G.H. Rare-gas Chronology of Hyporite Achondrites and Pallasites, Journal of Geophysical Research, 1968, vol.73 p.2027-2034
17. Price P.B. Characteristics of Tracks of Ions with $14 \leq Z \leq 36$ in Common Rock Silicates. Earth Planet Sci.Lett., 1973, vol.19 p.377-395. ✓

18. Otgonsuren O., Perelygin V.P., Stetsenko S.G. Abundance of $Z > 52$ Nuclei in Galactic Cosmic Rays: Longterm Averages Based on Studies of Pallasites, *Astrophysical Journal*, 1976, vol.210, N.1, pt 1, p.258-266
19. Флеров Г.Н., Отгонсуре́н О., Перельгин В.П. Поиск следов тяжелых и сверхтяжелых элементов в метеоритах. ОИЯИ, Р7-8135, Дубна, 1974, Известия АН СССР, сер. физ., 1975, т.39, № 2, с.388.
20. Доливо-Добровольская Г.И., Коломенский В.Д., Гаврилова Н.Н. Треки тяжелых космических ядер и дефекты структуры в кристаллах оливина из палласитов. *Геохимия*, 1976, № 10, с.1476.
21. Лхагвасуре́н Д., Отгонсуре́н О., Пеллас П., Перельгин В.П., Стеценко С.Г. Усредненные по времени распространенности галактических космических лучей в области атомных номеров $Z \approx 50$. Препринт ОИЯИ, Дубна Р-7-11861, 1978.
22. Krishnaswami S., Lal D., Prubhu W., Tamhane A.S., Olivines: Relation of Tracks of Charged Particles. *Science*, 1971, 174, p.287-292.
23. Flerov G.N., Zolud T.P., Otgonsuren O., On Search for Tracks of Heavy and Supperheavy Cosmic-Ray Nuclei in Crystals from Pallasits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1976, p.305.
24. Katz R., Kobetich E. Formation of Etchable Tracks in Dielectrics. *Physical Review*, 1968, vol.170, p.401.
25. Перельгин В.П., Стеценко С.Г. Поиск следов галактических космических ядер с $Z \geq 110$ в оливинах из метеоритов. Письма в ЖЭТФ, 1980, т.32, № 10, с.722.
26. Dabiel R.R., Durgarasad N. The Chemical Composition of the Primary Cosmic Radiation Above the Earths Atmosphere. *Supplemento Nuovo Cimento*, vol.23, N.1, 1962, p.83-92.

Рукопись поступила 3 февраля 1983 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 218

ВД-04407

Тираж 270

Препринт ЕФИ
Подписано к печати 12/III-83г. 1,5 уч.-изд.л.Ц. 22 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маргаряна 2