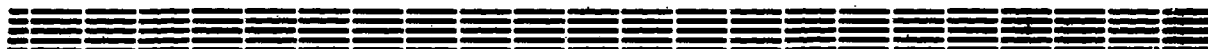


ЕФИ

Препринт ЕФИ-1045(8)-88

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



А.Б.АКОПОВА, М.М.АРУТЮНЯН, Г.П.ГЕРЦЕН,  
В.Е.ДУДКИН, В.М.КРИШЯН, Н.В.МАГРАДЗЕ,  
А.М.МАРЕННЫЙ, А.А.МОИСЕЕНКО

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР  
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СБОРКОЙ ЯДЕРНЫХ  
ФОТОЭМУЛЬСИЙ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

ЦНИИатоминформ  
ЕРЕВАН—1988

Նախնատիպ ԵՖԻ-1045/8/-88

Գ.Գ. ԳԵՐՑԵՆ\*, Վ.Ե. ԴՈՒՐԻՆ\*, Վ.Մ. ԿՐԻՇՉՅԱՆ, Ա.Բ. ՀԱԿՈՊՈՎԱ,  
Ա.Ա. ՄՈՒՍԵՆԿՈ, Մ.Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ն.Վ. ՄԱԳՐԱԶԵ,  
Ա.Մ. ՄԱՐԵՆԻ\*

ՏԻԵՋԵՐԱԿԱՆ ԺԱՌԱԳԱՑՔՆԵՐՈՒՄ ԵՄՆԵՐ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐԻ ՆՈՒՑՆԱՑՈՒՄԸ  
ՄԻՋՈՒԿԱՑԻՆ ՓՈՏՈՆԵՐՈՒՄԻՆԵՐԻ ՀԱՎԱՔՈՎ ԵՎ ԴԻԷԼԵԿՏՐԻ-  
ԱՎԱԿԱՆ ՀԵՏԱԳԵԱՑԻՆ ԴԵՏԵԿՏՈՐՆԵՐՈՎ

Բազմաշերտ հավաքում, որը պարունակում է իրար հաջորդող, դիելեկտրիկական հետազոյին դետեկտորների /ԴՀԴ/ և միջուկային Փոտոէմուլսիայի /ՄՓԷ/ շերտեր և որը զիտական ,,Կվարց,, սարքավորման կազմում տեղադրված է երկրի արհեստական ,,Կոսմոս-1672,, արբանյակի վրա, նույնացված են երկաթի ենթախմբի միջուկների /22 <math>Z </math> <math>\leq </math> 282 հետազոյները: ,,Մշակման արագության / էներգիայի զոյային կոդուսոյներ,, տրամաչափական կախվածության հիման վրա ԴՀԴ-ներում բացահայտված երկաթի միջուկների հետազոյերը օգտագործվել են այդ հետազոյերի շարունակությունը զոյնելու համար,, ներքին,, տրամաչափարկման նպատակով ընտրողական երևակման եղանակով մշակված կառավարելի շեմային զրանցումով ՄՓԷ շերտերում:  $Z = 70 \pm 5$  ատոմական կշռով զրանցված մասնիկի օրինակի վրա ցույց է տրված երկու տիպի դետեկտորների զուգակցության արդյունավետությունը տիեզերական մառազայթներում ծանր միջուկներ փնտրելիս:

Երևանի Փիզիկայի ինստիտուտ  
Երևան 1988

ՀՄ ԱՄ բժշկա-կենսաբանական պրոբլեմների ինստիտուտ /ք. Մոսկվա/



Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (ЦНИИ Атоминформ) 1988 г.

УДК 537.591:539.1.073

А.Б.АКОПОВА, М.М.АРУТЮНЯН, Г.П.ГЕРЦЕН,\*  
В.Е.ДУДКИН,\* В.М.КРИШЯН, Н.В.МАГРАДЗЕ,  
А.М.МАРЕННЫЙ,\* А.А.МОИСЕЕНКО

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СБОРКОЙ  
ЯДЕРНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

В многослойной сборке, содержащей чередующиеся между собой слои диэлектрических трековых детекторов (ДТД) и ядерной фотоэмульсии (ЯФЭ) и экспонированной в составе комплекта научной аппаратуры "Кварц" на борту искусственного спутника Земли "Космос-1672", проведена идентификация треков ядер группы железа ( $22 \leq Z \leq 28$ ). Выявленные в ДТД, на основании калибровочной зависимости "скорость травления - ограниченные линейные потери энергии" треки ядер железа использовались для нахождения продолжения этих треков, с целью проведения "внутренней" калибровки, в слоях управляемой по порогу регистрации ЯФЭ, обработанных методом избирательного проявления. На примере обнаруженной частицы с  $Z = 70 \pm 5$  показана эффективность сочетания двух типов детекторов для поиска тяжелых ядер космического излучения.

Ереванский физический институт  
Ереван 1988

\* Институт медико-биологических проблем МЗ СССР (г.Москва)

Preprint YERPHI-1045(8)-88

A.B. AKOPOVA, M.M. ARUTYUNIAN, V.E. DUDIN\*,  
G.P. GERTSEN\*, V.M. KRISHTCHIAN, N.V. MAGRADZE,  
A.A. MOISEENKO, A.M. MARENIVY\*

IDENTIFICATION OF COSMIC-RAY HEAVY NUCLEI IN  
AN ASSEMBLY OF NUCLEAR PHOTOEMULSIONS AND DIELECTRIC  
TRACK DETECTORS

In a multilayer assembly comprised of a sandwich of dielectric track detectors (DTD) and nuclear photoemulsions (NPE) and exposed on board of "Cosmos-1672" satellite as a part of scientific apparatus "Quartz", the tracks of nuclei from iron group ( $22 < Z < 28$ ) have been identified. The tracks of iron nuclei detected in DTD from the calibrating dependence "etching /linear energy losses" were used to find the continuation of these tracks having the aim to make self-calibration in NPE layers controllable by the registration threshold and treated according to the method of selective development. On the example of a detected particle with  $Z=70_{\pm 5}$  the effectiveness of combination of two types of detectors in search for cosmic-ray heavy nuclei is shown.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1988

---

\*Institute of Medical and Biological Problems (Moscow)

## Введение

Диэлектрические трековые детекторы (ДТД) в последние годы нашли широкое применение в космофизических исследованиях для изучения потоков и спектров тяжелых ядер ( $Z \geq 3$ ) галактических космических лучей (ГКЛ) [1,2].

Применение ядерных фотоэмульсий (ЯФЭ) для регистрации тяжелых ядер в космосе при использовании традиционных методов проявления в значительной степени осложняется из-за целого ряда присущих им недостатков, таких, как насыщение треками протонов и  $\alpha$ -частиц, ухудшение зарядового разрешения с увеличением заряда,  $Z$ , регистрируемых частиц и т.д. [3].

Указанные недостатки ЯФЭ устраняются при использовании специального метода обработки, снимающего фон и выявляющего треки только тех частиц, линейные передачи энергии (ЛПЭ) которых превышают некоторое пороговое значение ( $ЛПЭ \geq ЛПЭ_{пор.}$ ) [4]. Однако применение такого метода избирательного проявления, позволяющего управлять порогом регистрации ядерных эмульсий, требует тщательной калибровки каждого слоя. С этой целью применяют, как правило, калибровочную методику, основанную на измере-

нии треков  $\alpha$  -частиц, остановившихся в слое. Тем не менее, при измерении треков тяжелых ядер, в особенности с зарядами  $Z > 10 - 20$ , значительный интерес представляет так называемая "внутренняя" калибровка ЯФЭ по трекам ядер группы железа ( $24 \leq Z \leq 28$ ), преобладающих в общем потоке тяжелых ядер ГКЛ.

Совместная экспозиция в космическом пространстве ЯФЭ и ДТД (в виде многослойной сборки чередующихся между собой детекторов) позволяет сопоставить их регистрационные свойства и сравнить зарядовое разрешение используемых методов идентификации. Эксперимент такого рода был проведен летом 1985 года на искусственном спутнике Земли (ИСЗ) "Космос-1672".

#### Условия проведения эксперимента. Аппаратура и детекторы

Спутник "Космос-1672" был запущен 7.08.1985 г. Полет продолжался 13,9 суток при следующих параметрах орбиты: угол наклонения  $i = 82,3^\circ$ , максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) 290 км, минимальное расстояние (в перигее) 199 км. Комплект детектирующей аппаратуры "Кварц" (рис.1, поз.1) [5,6] находился в контейнере (2), установленном на поверхности спутника таким образом, что плоскость детекторов (3-5) была постоянно ориентирована перпендикулярно к поверхности Земли. В процессе экспозиции крышка контейнера (6) находилась в открытом состоянии.

В состав блока детекторов (рис.2) входили ДТД (1-3) и ядерные фотоэмульсии (рис.1,2, поз.4,5). Часть трековых детек-

торов в верхней и средней частях блока была накинута на ось (рис.2, поз.6) и вращалась в процессе экспозиции с целью фиксации времени регистрации частиц. В верхней, средней и нижней частях блока были размещены сборки ЯФЭ (4) для регистрации спектров ЛПЭ тяжелых ядер ГКЛ, в том числе сборка I-8, использованная в дальнейшем для зарядовой идентификации одного из зарегистрированных событий (рис.1 поз.4; рис.2, поз.8).

В нижней части блока детекторов были установлены две идентичные многослойные сборки I-9, содержащие чередующиеся между собой ЯФЭ и ДТЦ (рис.1,2, поз.5), предназначенные для регистрации ядер группы железа.

На рис.3 показан состав одной изборок, в которую входили трековые детекторы CN-85 фирмы Kodak (Франция) толщиной 100 мкм и ядерные фотоэмульсии типа БН (III, IV) толщиной 200 и 400 мкм. Детекторы CN-85 были отделены от фотоэмульсий тонкими (~50 мкм) слоями лавсана (I). Сверху и снизу многослойныхборок находились детекторы из отечественного нитрата целлюлозы КНЦ [7] толщиной 1 мм каждый (рис.1, поз.3; рис.2, поз.1). В нижней части блока находились также алюминиевые поглотители (рис.2, поз.7), одновременно обеспечивавшие жесткость конструкции блока детекторов.

#### Методика обработки и сканирования детекторов

После завершения полета блок детекторов был демонтирован, и детекторы были подвергнуты химической обработке и сканированию.

Травление ДТД из нитрата целлюлозы КНЦ проводилось в 6 N водном растворе NaOH при температуре  $T = 50^{\circ}\text{C}$ , а детекторов CN - 85 - при температуре  $T = 40^{\circ}\text{C}$ . Длительность травления каждого типа детекторов выбиралась, исходя из необходимости оперативного поиска треков частиц и обеспечения точности измерения их параметров.

Детекторы CN - 85 ( № I-9-3; I-9-7; I-9-II; I-9-I5) были протравлены в течение 20 ч и использовались в дальнейшем в качестве целеуказателей для быстрого нахождения треков. Остальные детекторы CN - 85 ( № I-9-2; I-9-6; I-9-I0; I-9-I4) травилась 2,5 ч и использовались для прецизионных измерений геометрических размеров треков.

Детекторы КНЦ первоначально были протравлены в течение 2,5 ч, затем были обмерены треки интересующих нас частиц, после чего было проведено повторное травление (2,5 ч) и измерение треков.

Слой ядерной эмульсии были обработаны методом избирательного проявления [8], основанном на дозированном введении ионов брома ( $\text{Br}^-$ ), по-разному тормозящих индукционный период проявления в зависимости от степени дисперсности центров скрытого изображения (ЦСИ). Различия индукционных периодов крупных и мелкодисперсных ЦСИ, образованных сильно- и слабоионизирующими частицами, создают условия хорошей дискриминации и избирательного проявления треков частиц с высокими ионизационными потерями энергии,  $dE/dx$  на фоне частиц с низкими значениями  $dE/dx$ . Источником  $\text{Br}^-$  в данном методе служат так назы-

ваемые слой-эмиттеры: ядерные эмульсии, предварительно облученные сине-фиолетовым светом и затем приклеенные к обеим поверхностям рабочего слоя [9]. В процессе проявления такой трехслойной системы при определенном пороге регистрации,  $dE/dx_n$ , треки частиц с  $dE/dx \geq dE/dx_n$  приобретают зернистую структуру, что позволило проводить идентификацию ядер с  $Z \geq 2$  методом счета зерен [4].

Калибровочная зависимость [10] между значениями порогов регистрации и величиной оптической плотности почернения эмиттеров была получена с использованием пучковых протонов с энергией  $\sim 24$  МэВ (ИТЭФ) и ядер гелия, углерода и неона с энергией  $\sim 9$  МэВ/нуклон (ОИЯИ, ЛЯР).

Диэлектрические трековые детекторы сканировались под стереомикроскопом МССО при увеличении  $\times 100$ . Первоначально просматривались детекторы-целеуказатели СМ - 85, собранные для просмотра в 4-слойную сборку. Всего на площади сборки ( $50 \text{ см}^2$ ) было обнаружено несколько сот треков, принадлежащих частицам с  $Z \geq 6$ . Для дальнейшего рассмотрения были отобраны только те частицы, треки которых имелись во всех четырех детекторах-целеуказателях, что соответствовало ядрам с зарядом  $Z \geq 20$ . Треки отобранных частиц (20 шт.) в детекторах СМ - 85 (№№ I-9-1; I-9-6; I-9-10; I-9-14) обмерялись на микроскопе МПЭ-1. Затем были найдены и обмерены продолжения этих треков в детекторах КИЦ.

Детекторы-целеуказатели СМ - 85 были использованы также для поиска продолжения треков отобранных частиц в фотоэмульсиях.

Поиск треков в слоях ядерных эмульсий производился под микроскопом МИЭ-2 (увеличение  $\times 150$ ) после совмещения реперных меток на детекторе-целеуказателе и слое эмульсии при жесткой фиксации полученной пары детекторов. Совпадение положения трека по координатной сетке с предполагаемым (рассчитанным с учетом смещения местонахождения треков по толщине сборки), а также равенство азимутальных и зенитных углов в детекторах (в пределах погрешности измерений  $\pm 5^\circ$ ), позволило однозначно отождествить обнаруженные треки.

Идентификация предварительно отобранных в ДТД частиц производилась в слоях эмульсии № 4, 10, 28 (рис. 3, сборка I-9). Выбранные для этих слоев значения порогов регистрации, равные 250, 400, 800 МэВ·см<sup>2</sup>/г, соответственно, позволили получить зернистую структуру треков ядер группы железа на различных участках зарегистрированных пробегов. Измерение геометрических параметров треков и количества зерен на треках производилось при увеличении  $\times 1350$ .

#### Идентификация частиц

В двойном растровом трековом детекторе зерна идентифицировались по методу [1] с помощью соотношения (1) с учетом того, что экспериментальные значения скорости травления вдоль трека  $V_t$  (либо соотношения  $V_t/V_g$ , где  $V_g = \text{const}$  - скорость травления материала детектора), вычисляемые в результате измерения геометрических параметров треков, находящихся на расстоянии  $R_{\text{ост.}}$  от места остановки, сопоставляются с рас-

четными значениями функции  $V_t (R_{\text{ост.}})$ , основанными на результатах калибровочных облучений детекторов тяжелыми ионами с известными параметрами ( $R_{\text{ост.}}$  - остаточный пробег частицы).

На рис.4 представлена калибровочная зависимость скорости  $V_t$  от величины ограниченных линейных передач энергии (ЛПЭ), полученная в результате эксперимента на ускорителе Bevalac (Беркли, США), в котором детекторы из нитрата целлюлозы КНЦ облучались тяжелыми ионами  $^{40}\text{Ar}$  и  $^{56}\text{Fe}$  с энергией  $\sim 200$  и  $\sim 510$  Мэв/нуклон, соответственно [11]. Значение граничной энергии  $\delta$  - электронов  $\omega = 1000$  эВ было выбрано для этого типа детекторов, исходя из наилучшего соответствия экспериментальных данных расчетным значениям ЛПЭ [12].

На основании калибровочной зависимости  $V_t$  (ЛПЭ<sub>1000</sub>) и расчетных значений ЛПЭ<sub>1000</sub> ( $R_{\text{ост.}}$ ) [13] было получено семейство кривых  $V_t (R_{\text{ост.}})$  для  $22 \leq Z \leq 30$ , изображенное на рис.5. Здесь же нанесены результаты измерений треков тяжелых ядер (№№ 9.- 22), зарегистрированных в этом эксперименте. Как видно из рисунка, использование ( $L - R_{\text{ост.}}$ ) -метода позволило идентифицировать события №№ 9,10,11,15 и 18 как треки железа  $Z = 26$ .

Плотность зерен,  $N$ , измеренная на продолжениях этих треков в слоях эмульсии №№ 4,10,28, была использована для проведения "внутренней" калибровки, устанавливающей соответствие  $(N - dE/dx)$

С этой целью в каждом из указанных слоев дополнительно отбирались треки (зернистой структуры) остановившихся космических

частиц, имевшие на начальном участке зарегистрированного остаточного пробега  $R$  минимальную плотность зерен ( $\sim 2$  зерна на  $10 \text{ мкм}$ ), обусловленную потерей энергии, равной значению  $dE/dx_n$ . Однозначность зависимости  $(dE/dx - R)$  для каждого  $z$  позволила установить природу выбранных частиц, и, следовательно, сопоставить  $N$  с  $dE/dx$ .

На ЭМ БЭСМ-6 после совместной обработки треков № 9, 10, II, 15, 18 и остановившихся частиц получены параметры эмпирической зависимости [4] плотности зерен от ионизационных потерь энергии:

$$n = c (1 - \exp(-\beta (\sqrt{dE/dx_{огр.}} - \sqrt{dE/dx_0}))), \quad (I)$$

где "с" - количество микрокристаллов, приходящихся, в среднем, на  $10 \text{ мкм}$  длины в эмульсии (25 зерен, тип БЯ); "β" - средняя эффективность проявления микрокристалла эмульсии при выбранном пороге регистрации;  $dE/dx_{огр.}$  - ограниченные ионизационные потери энергии, ответственные за проявление микрокристаллов эмульсии вдоль трека [14];  $dE/dx_0$  - эмпирический параметр, характеризующий выбранный порог регистрации [4].

Кривые эмпирической зависимости (I) для слоев № 4, 10, 28 приведены на рис.6 (кривые II, III и IV). Здесь же нанесены значения плотности зерен, соответствующие трекам ядер железа и остановившихся ядер углерода. Как видно из рисунка, экспериментальные значения и полученные из соотношения (I) хорошо согласуются с учетом пределов статистической погрешности измерений.

В многослойной сборке ДТД + ЯФЭ был зарегистрирован также трек № 13 (рис. I, поз. 7), пришедший из верхней полусферы (по отношению к поверхности Земли) и первоначально идентифицированный в ДТД как  $z > 50$  (см. рис. 5). К сожалению, (L-R<sub>ост.</sub>) - метод не мог быть использован для более точной зарядовой идентификации этого события с помощью пластиковых детекторов КНЦ и СМ-85. Это обусловлено тем, что при ЛПЭ  $\geq (5-6) \cdot 10^3$  МэВ·см<sup>2</sup>/г наступает так называемое "насыщение" детектора, т.е. с увеличением ЛПЭ не происходит увеличения размеров трека (см. рис. 4).

Определить заряд частицы, образовавшей трек № 13, удалось в ЯФЭ с использованием избирательного метода проявления фотомульсий. Измерения плотности зерен на треке № 13 производились в слоях № 4, 10, 28 сборки I-9 (см. рис. 3), а также в сборке I-8 (рис. I, поз. 4; рис. 2, поз. 8) - для установления характера ионизации данного трека на конечном участке его зарегистрированного пробега (см. рис. I). Зависимость  $(N - dE/dx)$  в слое I-8, имевшем порог регистрации 50 МэВ·см<sup>2</sup>/г, была определена по трекам остановившихся космических ядер гелия (кривая I на рис. 6).

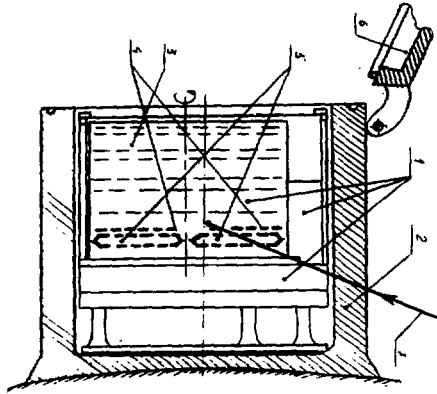
Совокупность кривых рис. 6 позволила для трека № 13 сопоставить измеренные на различных участках пробега значения плотности зерен,  $N$ , с ограниченными потерями энергии. На рис. 7, наряду с расчетно-теоретической зависимостью  $(dE/dx - R_{ост.})$  для ядер с  $z = 40, 50, 60, 70, 80$ , нанесены полученные экспериментально значения для трека № 13 (в слоях № 4, 10, 28 сборки I-9 и в сборке I-8).

Первоначально были проведены измерения в сборке I-9, кото-

рые позволили определить заряд этой частицы как  $z = 70 \pm 5$  (см. рис. 7). Полученное значение  $z$ , близкое к тому, которое может иметь монополю Дирака ( $z \sim 68$ ), побудило нас проверить гипотезу, не является ли данный трек треком монополя. Несмотря на то, что, по имеющимся оценкам, верхняя граница интенсивности потока монополей составляет всего  $10^{-15} - 10^{-17} (\text{см.с.ср})^{-1}$  [15], а интенсивность ядер с  $z = 70 \pm 5$  на несколько порядков выше [16, 18], исследователи не теряют надежды обнаружить монополю Дирака в космических лучах [15-17].

С целью проверки этой гипотезы, на основании теоретических предположений, изложенных в работе [17], была рассчитана функция  $(dE/dx - R_{\text{ост.}})$  для монополя с зарядом  $z \sim 68$  в ядерной фотоэмульсии (кривая М на рис. 7). Как видно из рисунка, ограниченные потери энергии монополя существенно отличаются от  $dE/dx_{\text{огр.}}$  тяжелого ядра с  $z = 70 \pm 5$  только вблизи остановки ( $R \leq 2 - 3 \text{ г/см}^2$ ). Окончательно идентифицировать событие, образовавшее трек № 13, удалось только после проведения дополнительных измерений плотности зерен в сборке I-8 (остаточный пробег около  $1 \text{ г/см}^2$ ). Полученные экспериментальные значения (черные точки на рис. 7) свидетельствуют о том, что поведение функции  $(dE/dx - R_{\text{ост.}})$  лучше соответствует расчетным данным для тяжелого ядра с зарядом  $z \sim 70$ .

Авторы выражают глубокую признательность В. П. Агаджанян, А. И. Асатрян и С. Л. Давтян за проведение точных микроскопических измерений в ЯФЭ.



← НАПРАВЛЕНИЕ НА ДВИЖЕНИЕ

Рис. 1

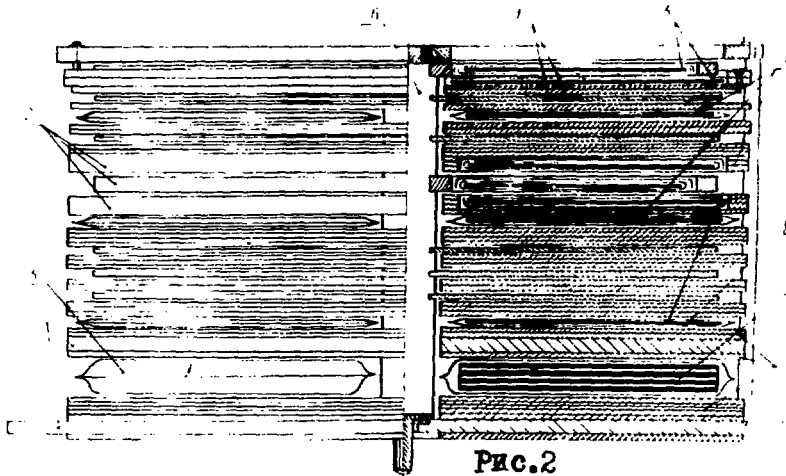


Рис. 2

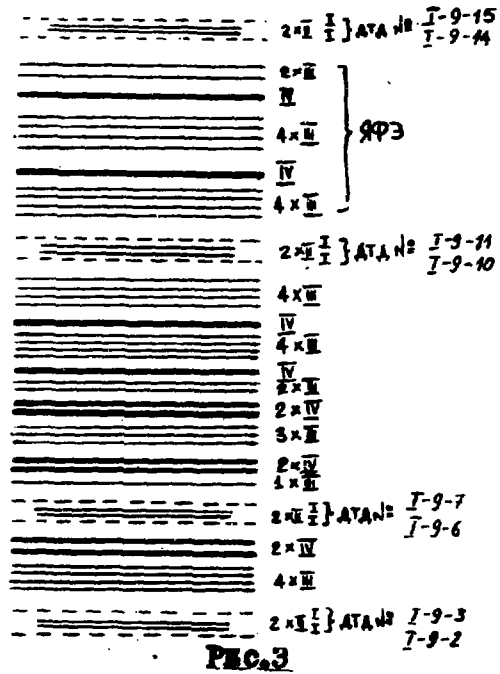


Рис. 3

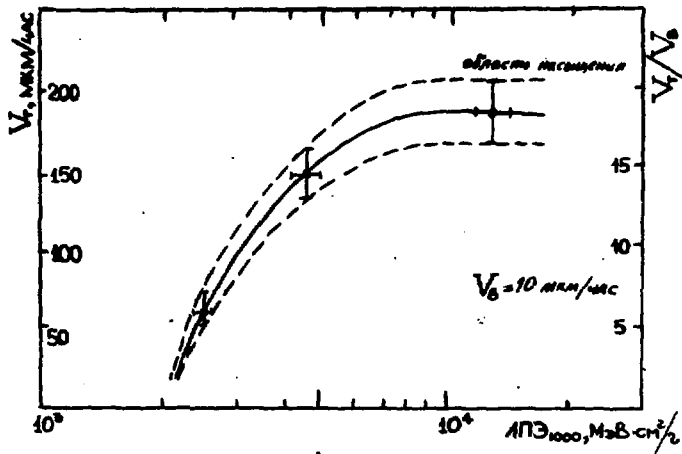


Рис. 4

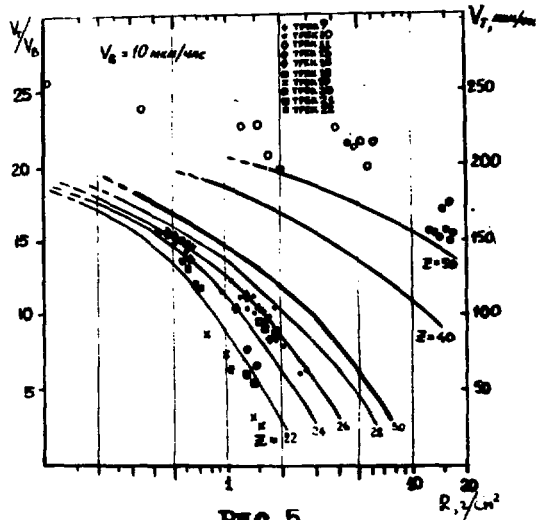


Рис. 5

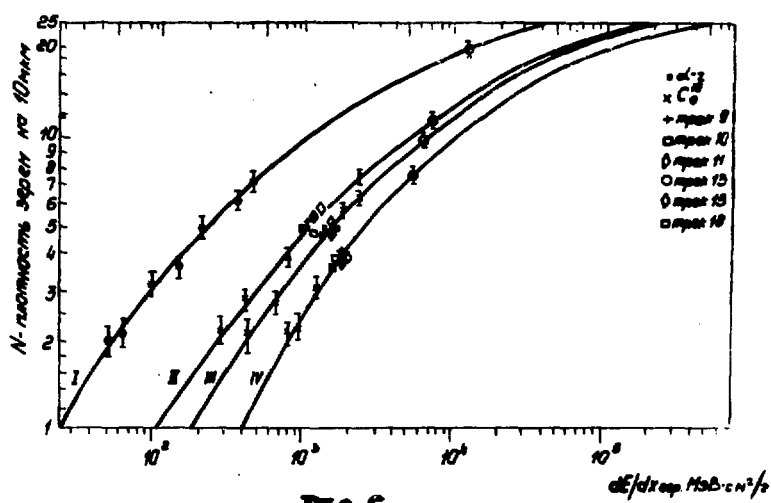


Рис. 6



## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Комплект научной аппаратуры НА-01 "Кварц" (1) в контейнере КНА-М (2), блок детекторов (3), сборки ЯФЭ I-8 (4), сборки ЯФЭ I-9 (5), крышка КНА-М (6), трек № 13 (7).

Рис.2 Блок детекторов комплекта НА-01 "Кварц".

Рис.3 Состав многослойных сборок I-9, содержащих диэлектрические трековые детекторы (II) и ядерные фотоэмульсии (III, IV), лавсановые пленки (I).

Рис.4 Калибровочная зависимость скорости травления вдоль трека  $v_t$  от  $\text{ЛПЭ}_{1000}$  для детекторов из нитрата целлюлозы.

Рис.5 Зависимость скорости травления вдоль трека  $v_t$  от остаточного пробега  $R$  для ядер с разным  $Z$  в детекторе из нитрата целлюлозы.

Рис.6 Кривые эмпирической зависимости  $(N - dE/dx)$  и экспериментально полученные значения  $N$  для ядер с разным  $Z$  в слоях ядерной фотоэмульсии.

Рис.7 Расчетные значения функции  $(dE/dx - R)$  в ядерной фотоэмульсии для частиц с зарядом  $Z = 40, 50, 60, 70, 80$  и монополя Дирака (кривая M); ( $\Phi$ ) - экспериментальные значения для трека № 13.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маренный А.М. Диэлектрические трековые детекторы в радиационно-физическом и радиобиологическом эксперименте. М.: Энергоатомиздат, 1987, с.184.
2. Bentoh E.V. Summary of Current Radiation Dosimetry Results on Manned Spacecraft.-Adv.Space Res. 1984,vol.4,N.10, p.153-160.
3. Baranov D.C., Gagarin Yu.F., Ivanova N.S. et al. Medium Energy (200 - 1000) MeV/n Heavy Cosmic-Ray Nuclei Outside the Magnetosphere of the Earth,-17 Em. Conf.Int.Rayonn Cosmique, Paris, 1981, vol.2, p.49-52.
4. Akopova A.B., Arutyunyan M.M., Magradze N.V. et al. On the Possibility of Charge Identification of Particles with  $Z \geq 2$  by the Grain Calculation Regime in Nuclear Emulsions.- Nuclear Tracks, 1986, vol.12, Nos 1-6, p.423-426.
5. Герцен Г.П., Дашин С.А., Маренный А.М. и др. Определение времени регистрации тяжелых ядер в диэлектрических трековых детекторах. Приборы и техника эксперимента, 1986, № 3, с.67-70.
6. Hertzén G.P., Marenyy A.M. Time-Resolution Equipment for Registration of Cosmic Rays in Solid State Nuclear Track Detectors.- Nuclear Tracks, 1986, -vol.12, Nos 1-6, p.435-438.

7. **Marenyu A.M., Hertzsen G.P., Dashin S.A., Hasegan D.**  
**A Study of the Registration Properties of Cellulose Nitrate KNU.- Rev.Roum.Phys., 1983, vol.28, No.5, p.467-470.**
8. **Акопова А.Б., Амбарцумян В.Г., Маградзе Н.В., Мелкумян Л.В.**  
**Способ регистрации интенсивных полей космического излучения с помощью ядерных эмульсий. А.С. 1057905. Б.И., 1983, № 44, с.175.**
9. **Акопова А.Б., Арутюнян М.М., Картужанский А.Л. и др.**  
**Сэндвичные ядерно-эмульсионные системы "эмиттер-регистратор-эмиттер" с регулируемой чувствительностью. Препринт ЕФИ-803(30)-85, Ереван, 1985.**
10. **Акопова А.Б., Маградзе Н.В., Моисеенко А.А. и др.** **Метод избирательного проявления толстослойных ядерных эмульсий. Препринт ЕФИ-671(61)-83, Ереван, 1983.**
11. **Маренный А.М.** **Разработка метода идентификации тяжелых заряженных частиц в космических радиобиологических экспериментах. Автореф. дис. на соиск. учен. степени кандидата физ.-мат. наук. Москва, ОИЯИ, 1980.**
12. **Методические указания. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете. Методика расчета ионизационных потерь и пробегов тяжелых заряженных частиц. РД 50-25645.206-84, М.: Изд-во стандартов, 1985.**
13. **Портман А.И., Герцен Г.П., Дашин С.А., Маренный А.М.** **Расчет пробегов и ЛПЭ тяжелых заряженных частиц в нитрате целлюлозы и лавсане. М.: ИМБП МЗ СССР, 1981, с.151 (рукопись депонирована в ВИНТИ 13.01.82, № 171-82.**

14. Дитлов В.А. Теоретическое обоснование и разработка метода расчета параметров треков быстрых тяжелых ядер в твердотельных детекторах. Автореф. дис. на соиск. учен. степени кандидата физ.-мат. наук. Москва, 1984.
15. Carrigan R.A., Trower W.P. **Magnetic Monopoles. A Status Report Fermi National Accelerator Lab., Fermilab - Pub - 88/31, 1983.**
16. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. М.:Атомиздат, 1979, с.304.
17. Ашитков В.Д., Кокоулин Р.П., Петрухин А.А. Поиск магнитных монополей в космических лучах. (Материалы Всесоюзной конференции по космическим лучам. Якутск, 1984 ). Якутский филиал СО АН СССР, 1985..
18. Fowler P.H., Walker R.M.F., Mashedier M.R.W. et al. **Ultra-Heavy Cosmic Ray Studies with Ariel VI.- Nature, 1981, 291, No.5810, p.45-47.**

Рукопись поступила 4 декабря 1987 г.

А.Б.АКОЛОВА, М.М.АРУТЮНЯН, Г.П.ГЕРЦЕН, В.Е.ДУДКИН,  
В.М.КРИШЯН, Н.В.МАГРАДЗЕ, А.А.МОИСЕЕНКО, А.М.МАРЕННЫЙ

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СБОРКОЙ  
ЯДЕРНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

---

Подписано в печать 19/IV-88г. ВФ-03073 Формат 60x84/16  
Офсетная печать. Уч. изд. л. 1.0 Тираж 299 экз. Д. 15к.  
Зак. тип. № 157 Индекс 3624

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, Маркарян 2

The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Markaryan St., 2  
Yerevan, 375036  
Armenia, USSR

**индекс 3624**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**