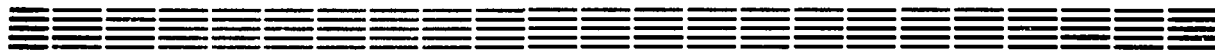


ЕФИ

Препринт ЕФИ-1178(55)-89

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



А.Б.АКОПОВА, В.М.КРИЩЯН, Н.В.МАГРАДЗЕ,  
А.А.МОИСЕЕНКО

ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ СЛОЕВ УПРАВЛЯЕМЫХ  
ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ  
КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ЦНИИАтоминформ  
ЕРЕВАН - 1989

Նախնաորից ԵՖԻ-1178(55)-89

Ա.Բ. ԱԿՈՊՈՎԱ, Վ.Մ. ԿՐԻՇՉՅԱՆ, Ն.Վ. ՄԱԳՐԱԶԵ, Ա.Ա. ՄՈՒՍԵՆՅԱՆ

ԿԱՌԱՎԱՐԵԼԻ ՄԻՋՈՒԿԱՑԻՆ ԷՄՈՒԼՍԻԱՆԵՐԻ ՏՐԱՄԱԶԱՓՄԱՆ ԵՎ  
ՏԻՇՋԵՐԱԿԱՆ ԺԱՌԱԳԱՅՑՄԱՆ ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՆՈՒՑՆԱՑՄԱՆ ԾՐԱԳՐԾԻ

Նկարագրված են ընտրողական երևակման հատուկ մեթոդով երևակված միջուկային Փոտոէմուլսիաներում զրանցված հետազոտների մասին եղած տվյալների մշակման համար ՓՈՐՏՐԱՆ-4 լեզվով գրված ծրագրերը: Էմուլսիաների զգայունությունը՝ Լիցքավորված մասնիկների էներգիայի իոնիզացիոն կորուստների լայն սիրուլթում կառավարման մեթոդն օգտագործվել է ,,ԿՈՍՄՈՍ,, սերիայի արբանյակներում տեղադրված էմուլսիաների երևակման համար: Լիցքավորված մասնիկների հետազոտների երևակման ժամանակ ստացված բնորոշ հատիկայնությունը օգտագործվել է ,,ԿՈՍՄՈՍ-1571,, արբանյակում զրանցված տիեզերական մասնիկների նույնացման և էմուլսիաների տրամաչափման ծրագրերի ալգորիթմների մշակման համար: Բազմալիցք մասնիկների նույնացման ալգորիթմը ստացվել է առաջին անգամ:

Երևանի Փիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1989



Preprint YERPHI-1178(55)-89

A.B.AKOPOVA, V.M.KRISHCHIAN, N.V.MAGRADZE,  
A.A.MOISEENKO

PROGRAMS FOR CALIBRATION OF CONTROLLABLE NUCLEAR EMULSIONS  
AND COSMIC-RAY IDENTIFICATION

Programs written in FORTRAN-4 for processing of data on the tracks registered on nuclear photoemulsions developed by the method of selective development are described. The method developed to control emulsion sensitivity in a wide range of charged particle ionization losses is used in the development of the emulsions exposed on board of "Kosmos" artificial satellites. The characteristic granularity obtained at development of charged-particle tracks is used to develop algorithms of programs for calibration of emulsions and identification of charges of cosmic-rays detected by the satellite "Kosmos-1571". The algorithm of identification of multi-charge particles is obtained for the first time.

Yerevan Physics Institute  
Yerevan 1989

УДК 539.1.073.7

А.Б.АКОПОВА, В.М.КРИЩАН, Н.В.МАГРАДЗЕ,  
А.А.МОИСЕЕНКО

ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ СЛОЕВ УПРАВЛЯЕМЫХ ЯДЕРНЫХ  
ЭМУЛЬСИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Приводится описание программ на FORTRAN-4 для обработки трековой информации, зарегистрированной в слоях ядерных фотоэмульсий, проявленных специальным методом избирательного проявления. Разработанный метод управления чувствительной способностью эмульсий в широком диапазоне ионизационных потерь энергии заряженных частиц применен для проявления слоев эмульсий, экспонированных на искусственных спутниках Земли серии "Космос". Характерная зернистая структура, полученная при проявлении треков заряженных частиц, использована для разработки алгоритмов программ калибровки слоев эмульсий и проведения идентификации заряда частиц космического излучения, зарегистрированных на спутнике "Космос-1571". Алгоритм идентификации многозарядных частиц получен впервые.

Ереванский физический институт

Ереван 1989

## Введение

Метод управляемых ядерных эмульсий (УЯЭ) [1], используемый в данной работе, является специальным методом избирательного проявления, при котором управление порогом регистрации ядерных фотоэмульсий (ЯФЭ) осуществляется в широком диапазоне ионизационных потерь энергии заряженных частиц ( $dE/dx \sim 10^1 - 10^4$  МэВ/см) [2]. Применение данного метода обработки слоев ядерной эмульсии приводит к подавлению проявления вуали и треков частиц, обладающих потерями энергии ниже выбранного порогового значения  $dE/dx_n$ . Характерной особенностью проявленных в слоях УЯЭ треков является зернистая структура, соответствующая потерям энергии частиц в определенном интервале значений  $dE/dx \geq dE/dx_n$ . Разработанные алгоритмы программ обработки трековой информации основываются на измерении плотности зерен вдоль траекторий частиц. Программы написаны на языке FORTRAN-4 для ЭВМ БЭСМ-6.

В настоящей работе присядаются алгоритмы программ калибровки слоев УЯЭ и идентификации треков заряженных частиц. Работа составленных программ проверена при обкатке их на треках лучковых частиц, ускоренных в ИТЭФ и ОИЯИ ЛЯР. Эффективность машин-

ной обработки треков показана на примере идентификации заряда частиц космического излучения (КИ) в слое эмульсии, экспонированном на искусственном спутнике Земли (ИСЗ) "Космос-1571", который был запущен 11.06.84 г. Полет продолжался 15,3 суток при следующих параметрах орбиты: угол наклонения  $70^{\circ}$ , максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) 420 км, минимальное расстояние (в перигее) 355 км.

### Структура треков заряженных частиц в УЯЭ

Применяемые до настоящего времени в ядерных фотоэмульсиях способы идентификации многозарядных частиц основаны на измерении радиальных параметров их треков (ширины, числа  $\delta$  - лучей, плотности почернения "профиля"), обусловленных фотографическим действием совокупности  $\delta$  - электронов, образующихся в  $\text{AgBr}$ -микросталлах эмульсии при прохождении частиц [3]. В разработанном нами методе УЯЭ осуществляется избирательное проявление вдоль траектории частицы отдельных микросталлов, в которых ионизационные потери энергии частиц ограничены выделением

$\delta$  - электронов с энергией  $\leq 5$  кэВ [4]. Полученная зернистая структура треков многозарядных частиц была использована для установления зависимости плотности зерен  $N$  на единице длины трека от ограниченных ионизационных потерь энергии  $dE/dx_{огр.}$ . Введение  $dE/dx_{огр.}$  в зависимость ( $N - dE/dx$ ) полученную в работе [5] для частиц с зарядом  $Z = 1, 2$ , позволило для произвольного заряда найти эмпирическое выражение:

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

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

### Программа калибровки

Программа калибровки слоев УЯЭ состоит в определении параметров " $\beta$ " и  $\sqrt{dE/dx_0}$  в выражении (I) по измеренным плотностям зерен в треках пучковых частиц, остановившихся в эмульсионном слое. Указанные параметры отбирались методом последовательных приближений при минимизации функции  $\chi^2 = \sum (N_{i\text{эксп.}} - N_{i\text{расч.}})^2 / \sum \Delta N_i^2$ , где  $\Delta N_i$  - ошибка измерения отдельного значения  $N_i$ . Блок-схема программы калибровки приведена на рис. I. Ниже приводится описание назначения каждого блока программы.

1. ТАБЛИЦЫ - создает банк данных ограниченных ионизационных потерь энергии различных частиц и соответствующих им остаточных пробегов,  $R$ , вычисленных по формуле Бете-Блоха с учетом перезарядки [6].

2. ТРЕК - предназначен для ввода измеренных на X-проекции плотностей зерен и остаточного пробега анализируемых треков и пересчета их на реальную плотность и пробег с учетом угла входа частицы в слой и коэффициента усадки эмульсии при обработке.

3. СГЛАЖИВАНИЕ I - производит сглаживание экспериментальных плотностей зерен путем вычисления среднего значения 5 точек.

4. СГЛАЖИВАНИЕ 2 - производит сглаживание экспериментальных плотностей зерен по зависимости  $\ln \sum N_i = h \ln R_i + A$ , где

$N_i$  - измеренная плотность зерен на заданном остаточном пробеге  $R_i$ . Коэффициенты  $h$  и  $A$  определяются методом наименьших квадратов.

5. ВЫБОРКА ТОЧЕК - программа отбора сглаженных данных, наилучшим образом описывающих ход экспериментальных кривых: с экспериментальными точками вблизи остановки частицы лучше согласуются значения, полученные по программе СГЛАЖИВАНИЕ 2, а в начале пробега частицы - по программе СГЛАЖИВАНИЕ I. Программа предусматривает соответствующую выборку.

Подтверждением правильного выбора методов сглаживания служит тот факт, что полученные по исходным экспериментальным значениям и по результатам сглаживания суммарные плотности зерен различаются, в среднем, на величину  $\pm 1,75$ . Эта разность не зависит от величины суммарной плотности зерен.

6. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТА КАЛИБРОВКИ - программа выбирает из банка данных для заданной частицы табличные данные  $dE/dx_{орг}$  и  $R$ ; вызывает программу FUMILI.

7. FUMILI - библиотечная программа, вычисляющая методом последовательных приближений параметры " $\delta$ " и  $\sqrt{dE/dx_0}$  в выражении (I) для любой приписываемой треку частицы.

8. FIGURE - программа для графического представления исходных данных и результатов вычислений. На листинге распечатки (чс.3) приводится один из таких графиков.

9. СРЕДНЕЕ - программа, вычисляющая средневзвешенное значение для всех отобранных пар "  $\delta$  " и  $\sqrt{dE/dx_0}$  .

Программа калибровки была обкатана на статистическом значимом количестве остановок (200 шт.) пучковых протонов и ядер гелия, углерода, кислорода и неона в слоях УЯЭ с различными значениями порогов регистрации, обусловившими зернистую структуру треков. Основные результаты обкатки приводятся для 30 треков ядер гелия.

Для указанных треков средние значения параметров "  $\delta$  " и  $\sqrt{dE/dx_0}$  оказались равными  $0,0237 \pm 0,0006$  и  $6,54 \pm 0,38$ , соответственно. Калибровка этих же треков без предварительного сглаживания экспериментальных плотностей зерен привела к значениям, совпадающим в пределах указанных ошибок с предыдущими данными: "  $\delta$  " =  $0,0230 \pm 0,0007$  и  $\sqrt{dE/dx_0}$  =  $5,81 \pm 0,73$ , что дополнительно подтверждает правильность выбранного метода сглаживания, используемого в программе идентификации для уменьшения разброса экспериментальных плотностей зерен.

На рис.2 приведена стандартная распечатка программы FUMILI для отдельного трека гелия. Как видно из рисунка, значения параметров калибровки, вычисленные с применением сглаживания (верхняя распечатка) и без него (нижняя распечатка), хорошо согласуются, а кривые зависимости (  $N - R$  ), рассчитанные с использованием параметров распечаток, практически не отличаются друг от друга (рис.3).

Обкатка программы калибровки также проводилась по средним значениям экспериментальных плотностей зерен 30 треков ядер гелия. Стандартное отклонение от среднего значения плотности зерен в каждой точке полученного таким образом "среднего" тре-

ка не превышало 0,3. Рассчитанные для "среднего" трека значения параметров " $\delta$ " =  $0,0239 \pm 0,0007$  и  $\sqrt{dE/dx_0} = 6,26 \pm 0,77$  в пределах точности вычислений совпадают с результатами калибровки по отдельным трекам.

Калибровочная методика, разработанная на пучковых частицах, была применена для проведения непосредственной, так называемой "внутренней" калибровки слоя эмульсии, экспонированного на ИСЗ "Космос - 1571", используя треки остановившихся частиц КИ.

Алгоритм "внутренней" калибровки состоит в следующем:

а) в выбранном для проведения калибровки слое отбираются треки остановившихся частиц КИ в количестве  $n > 30$ .

б) каждый отобранный трек последовательно приписывается частицам различной массы и заряда; вычисляются соответствующие этим частицам пары " $\delta$ " и  $\sqrt{dE/dx_0}$ .

в) выбирается единственная для каждого трека пара, по которой рассчитанная величина порога регистрации  $dE/dx_n$  наилучшим образом совпадает со значением порога, определенным независимо от данной калибровки методом, изложенным в работе [1]

г) определяются средневзвешенные значения параметров калибровки по выбранным парам " $\delta$ " и  $\sqrt{dE/dx_0}$ .

Результаты "внутренней" калибровки анализировались совместно со значениями параметров, полученными на треках пучковых частиц в контрольных слоях, проявленных вместе с экспонированным на ИСЗ при том же пороге регистрации, и было установлено, что интервалы, в которых определены величины " $\delta$ " и  $\sqrt{dE/dx_0}$  перекрываются.

С целью проведения "внутренней" калибровки в программе было расширено назначение блока 6:

6. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТА КАЛИБРОВКИ - включает программу, задающую частицу, по которой калибруется трек: каждый трек последовательно приписывается протону, дейтону, тритону, гелию и дальше остальным элементам таблицы Менделеева. Для каждой частицы программа выбирает из банка данных значения  $dE/dx_{огр.}$  и  $R$ ; вызывает программу FUMILI

### Программа идентификации

Идентификация частиц, имеющих треки зернистой структуры, проводилась в предварительно откалиброванных слоях. Поскольку начальная обработка экспериментальных данных велась с использованием первых 5 блоков программы калибровки, ниже приводится описание назначения программы идентификации, начиная с 6-го блока:

5. ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ - включает программу, определяющую экспериментальную плотность зерен в начале, середине и конце трека и рассчитывает соответствующие им потери энергии, используя выражение (I). Наибольшее значение плотности, обусловленное максимальным значением потери энергии  $dE/dx_{огр.1}$ , приписывается точке остановки частицы, а для проходящих частиц - точке выхода из эмульсии. Определяет длину зарегистрированной в слое траектории частицы и создает таблицу экспериментальных суммарных плотностей зерен с шагом, на котором для данного трека определялась плотность зерен.

7. ПОИСК - программа отбирает по порядку те элементы таблицы Менделеева, включая изотопы, которые обладают значением  $dE/dx_{огр.1}$ . Для каждого отобранного элемента  $i$ , исполь-

зую однозначность зависимости ( $dE/dx_{\text{ср.}} - R_i$ ), определяется величина остаточного пробега  $R_i$  и вычисляется таблица расчетных суммарных плотностей зерен (аналогично таблице экспериментальных значений); на основании табличных данных определяется среднеквадратичный разброс  $\sigma$  экспериментальных и расчетных суммарных плотностей, критерий  $\chi^2$ , достоверность, с которой расчетные суммарные плотности описывают эксперимент. Программа также предусматривает варьирование  $R_i$  с тем, чтобы определить наилучшее значение минимального остаточного пробега, при котором расчетные суммарные плотности зерен ближе всего к эксперименту.

Необходимо отметить, что суммарная плотность зерен служит хорошим критерием при проведении идентификации, поскольку значения данной величины резко отличаются для соседних элементов.

8. ВЫБОР - из всех элементов, отобранных описанной выше программой, выбирает тот, который имеет самую высокую достоверность и, соответственно, минимальные значения  $\sigma$  и  $\chi^2$ .

9. ВАРИАЦИИ - программа предназначена для улучшения достоверности идентификации: при числе экспериментальных плотностей зерен  $K \geq 15$  исходные данные усредняются по 3 точкам, шаг при этом увеличивается в 3 раза; если  $K \geq 20$ , усреднение проводится также и по 4 точкам; при  $K \geq 25$  дополнительно к указанным производится усреднение и по 5 точкам. Для треков, имеющих  $K \geq 60$ , усреднение предусмотрено только по 7 точкам, минуя описанные выше варианты усреднения исходных данных. Все расчеты, которые предусмотрены программой идентификации, повторяются с использованием вновь полученных усредненных данных.

Разработанный алгоритм идентификации дает возможность дос-

точно точно определить заряд низкоэнергетичных частиц, так как позволяет сопоставлять экспериментальные плотности зерен на различных участках трека с расчетной зависимостью ( $N - R$ ), полученной из выражения (I), и таким образом проводить несколько независимых определений заряда частицы.

Блок-схема программы идентификации приведена на рис.4. Обкатка разработанной программы проводилась на остановках пучковых протонов ( $\sim 24$  МэВ, ИТЭФ) и ядер с  $2 \leq Z \leq 10$  ( $\sim 9$  МэВ/нуклон, ОИЯИ ЛЯР) в слоях УЯЭ, для которых предварительно были получены параметры калибровки (" $\delta$ ",  $\sqrt{dE/dx_0}$ ). Значения зарядов пучковых частиц подтвердились с достоверностью 100% в результате проведенной идентификации.

#### Идентификация частиц космического излучения

Определение заряда космических частиц по оставленным ими трекам зернистой структуры проводилось в слое с ИСЗ "Космос-1571", проявленным методом УЯЭ. Параметры "внутренней" калибровки слоя равны " $\delta$ " = 0,00628 и  $\sqrt{dE/dx_0} = 19,37$ . Указанная величина порога регистрации, по результатам предварительного эксперимента на пучковых частицах, достаточна для достижения зернистой структуры на треках многозарядных частиц ( $Z \geq 2$ ).

На просмотренной площади  $S = 1,0 \text{ см}^2$  было зафиксировано 223 трека, имевших зарегистрированную длину свыше 50 мкм. Треки меньшей длины не подвергались обработке на ЭВМ.

Из общего количества отобранных треков 21 имели разницу в плотности зерен на концах проявленной длины  $< 0,7$ . Вдоль

каждого из этих треков рассчитывалось среднее значение плотности зерен  $\bar{N}$  и, используя выражение (1), соответствующая величина  $dE/dx_{огр}$ . Указанные треки, не имевшие градиента плотности зерен, приписывались частицам релятивистских энергий с минимальным значением заряда, при котором величина  $dE/dx_{огр}$  остается неизменной вдоль всей длины проявленного пробега. Для оценки статистических погрешностей измерений на каждом треке определялись: стандартное отклонение, выборочное стандартное отклонение и размах, максимальное отклонение, от значения  $\bar{N}$ ; соответственно эти значения для 21-го трека равны, в среднем, 0,17; 1,03 и 2,30 и не зависят от величины  $\bar{N}$ .

Количество треков, имевших достаточную для проведения идентификации разность в плотности зерен на концах проявленной длины ( $> 0,7$ ), составило 183 шт. На рис.5 приведен пример стандартной распечатки процедуры идентификации заряда космической частицы на ЭВМ при наличии градиента плотности зерен вдоль траектории частицы. Значения экспериментальной и расчетных суммарных плотностей зерен, использованные при определении заряда частицы, представлены на рис.6 в виде функций остаточного пробега. Зарядовое распределение идентифицированных частиц показано на рис.7. Наибольшее количество частиц, примерно 1/3, имели  $z = 8$  в интервале энергий 5 - 50 МэВ/нуклон (рис.8). Приведенные на рис.7 и 8 зарядовое и энергетическое распределение получены для слоя за защитой  $\sim 1$  г/см<sup>2</sup> сборки ЯФЭ.

На 19 треках наблюдался высокий разброс экспериментальных плотностей зерен, обусловленный локальными колебаниями чувствительности эмульсии. Эти треки, составляющие  $\sim 10\%$  от общего числа отобранных для проведения идентификации треков, были

исключены из рассмотрения.

Анализ результатов идентификации показал, что:

- 1) для частиц с  $Z \leq 4$  возможно с высокой достоверностью установить изотопный состав;
- 2) в интервале зарядов  $4 \leq Z \leq 12$  ошибка в определении заряда  $\leq 0,5$  и увеличивается с ростом  $Z$ .

Составленные программы могут быть использованы для проведения идентификации заряда в любых детекторах, в которых частица оставляет трек дискретной зернистой структуры.

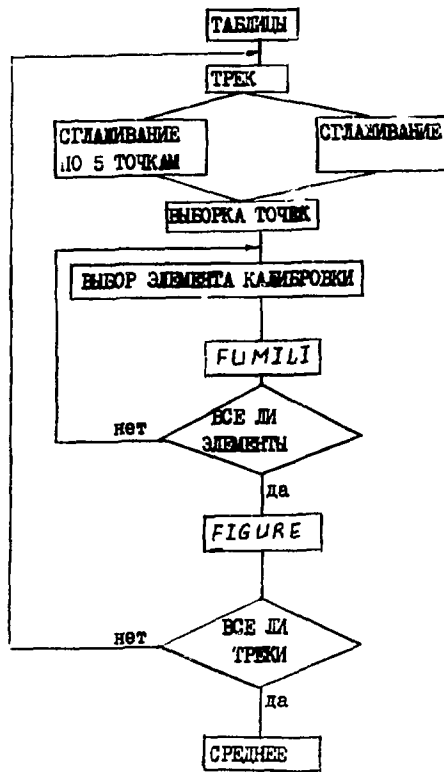


Рис. I

0 ITER 2S=4.6050+01 GT=-2.34-0  
 PAR= 08-03 LAMB=1.00+00 T1=1.00+00

	PARAMETERS	ERRORS	FACTORS
1	-2.20606-02	+/-1.1335-03	1.564+01
2	6.98765+00	+/-1.0091+00	1.564+01
3	2.50000+01	FIXED PARAMETER	

2 ITER 2S=3.3910+02 GT=-1.14-05  
 PAR=2.01-03 LAMB=1.00+00 T1=1.00+00

	PARAMETERS	ERRORS	FACTORS
1	-2.06381-02	+/-1.1274-03	1.798+01
2	5.34333+00	+/-1.1646+00	1.798+01
3	2.50000+01	FIXED PARAMETER	

Рис.2

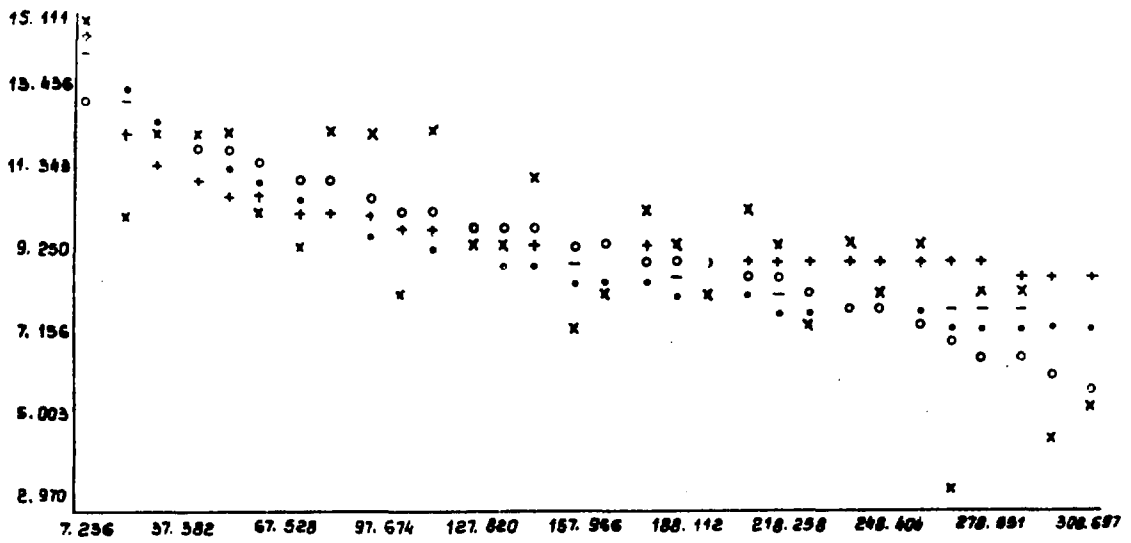


Рис.3

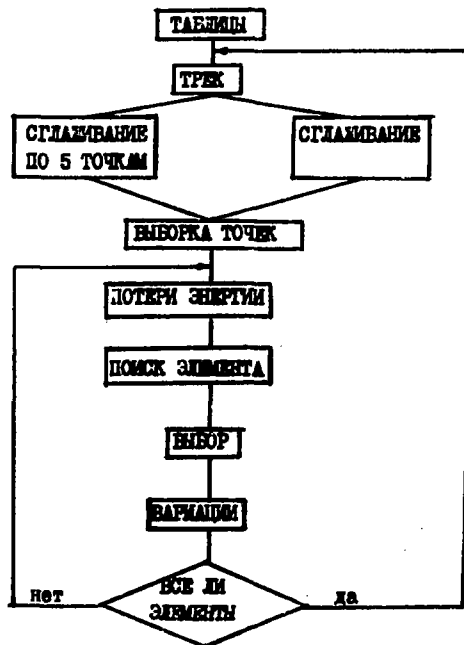


Рис.4

ПЛОТНОСТЬ ЗЕРЕН НА НАЧАЛЕ, СЕРЕДИНЕ И КОНЦЕ ТРЕКА 5.678 1.041 2.197

ПРОБЕГ, НА КОТОРОМ ВЕЛИСЬ ИЗМЕРЕНИЯ 64.104

СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ 31.77

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В НАЧАЛЕ, СЕРЕДИНЕ И КОНЦЕ ТРАЕКТОРИИ 13356.72 7252.04 4451.58

		z							
5	6	7	8	9	10	11	12	13	
27.49	31.61	32.87	34.45	37.03	38.21	39.77	40.77	41.10	
0.00	0.00	13.08	25.71	38.43	49.74	69.12	86.19	114.30	
0.06	0.00	3.08	15.71	58.43	89.74	139.12	166.13	244.30	
36.87	3.72	3.52	5.14	6.01	6.92	10.72	11.43	12.07	
0	81	81	54	24	24	12	9	6	
0.31	0.35	0.74	1.24	1.51	1.42	1.51	1.76	1.72	

Рис. 5

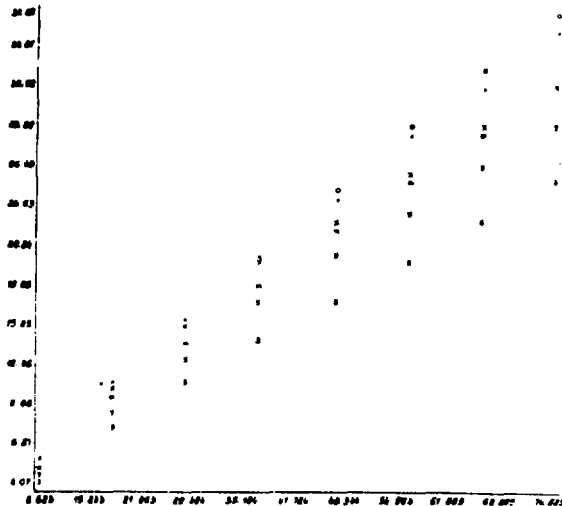
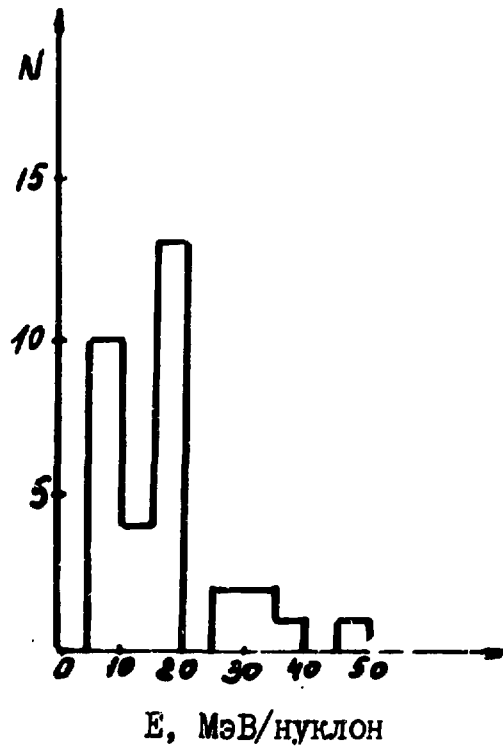
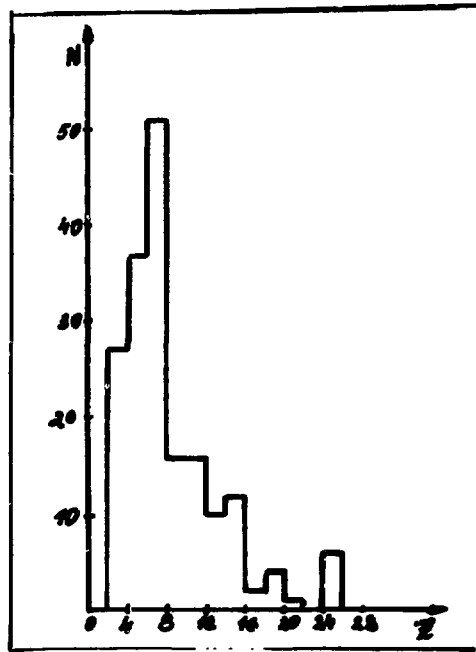


Рис. 6



Е, МэВ/нуклон

Рис.8

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Блок-схема программы калибровки слоев УЯЭ.

Рис.2 Стандартная распечатка программы FUMILI для трека гелия; 1,2 - значения параметров "  $\delta$  " и  $\sqrt{dE/dx_0}$ , полученные с применением сглаживания (вверху) и без него (внизу) экспериментальных плотностей зерен.

Рис.3 Зависимость плотности зерен на треке гелия от остаточного пробега; (x) - экспериментальная плотность зерен, (o) и (+) - данные программы сглаживания 1 и 2, (•) и (---) - аппроксимация FUMILI по сглаженным и экспериментальным данным.

Рис.4. Блок-схема программы идентификации заряда частицы в слоях УЯЭ.

Рис.5 Стандартная распечатка процедуры идентификации заряда частицы на ЭВМ; строки без текста: 1 - значения  $Z$ ; 2 - расчетные суммарные плотности зерен для  $Z$  на проявлении; 3 и 4 - предварительные и выбранные в результате варьирования значения  $R_i$  для  $Z$ ; 5 - значения  $\chi^2$ ; 6 - достоверность в %; 7 - среднее стандартное отклонение экспериментальных плотностей зерен от расчетных для  $Z$ .

Рис.6 Значения суммарных плотностей зерен в зависимости от остаточного пробега частицы; (x) - экспериментальные данные, (S), (y), (\*), (•), (o) - расчет для  $Z = 5, 6, 7, 8, 9$ . В результате обработки на ЭВМ данный трек был приписан частице с  $Z = 7$  с достоверностью 81%.

Рис.7 Зарядовое распределение частиц в интервале  $3 < Z < 26$   
за защитой  $\sim 1 \text{ г/см}^2$  сборки ЯФЭ.

Рис.8 Энергетическое распределение частиц с  $Z = 8$  в интервале  
5 - 50 МэВ/нуклон за защитой  $\sim 1 \text{ г/см}^2$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопова А.Б., Маградзе Н.В., Моисеенко А.А. и др. Метод избирательного проявления толстослойных ядерных эмульсий. Препринт ЕФИ-671(61)-83, Ереван, 1983.
2. Акопова А.Б., Вихров А.И., Дудкин В.Е. и др. Измерение спектра линейных потерь энергии космического излучения на ИСЗ "Космос-1129". Космич.исслед., 1985, т. XXIII, № 3, с. 479-481.
3. Богомолов К.С. Фотографическое действие ионизирующих частиц. Автореферат дис. на соиск.уч.степени докт.физ.-мат.наук, Москва, 1959.
4. Дитлов В.А. Теоретическое обоснование и разработка метода расчета параметров треков быстрых тяжелых ядер в твердотельных детекторах. Автореферат дис. на соиск. уч.степени канд. физ.-мат.наук, Москва, 1984.
5. Blau M. Grain Density in Photographic Tracks of Heavy Particles. Phys.Rev. 1949, vol.75, p.279.
6. 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.

Рукопись поступила 29 июня 1989 г.

А. Б. АКОПОВА, В. М. КРИЦЯН, Н. В. МАГРАДЗЕ, А. А. МОИСЕЯНКО

ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ СЛОЕВ УПРАВЛЯЕМЫХ ЯДЕРНЫХ  
ЭМУЛЬСИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Редактор Л. П. Мукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

---

Подписано в печать 26/УП-89г.

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,8

Зак. тип. № II 96

ВФ-0226I Формат 60x84/16

Тираж 299 экз. Ц. I Q.

Индекс 3649

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, ул. Братьев Алиханян, 2

The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Alikhanian Brothers 2,  
Yerevan, 375036  
Armenia, USSR

**ИНДЕКС 3649**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

