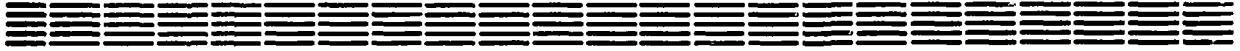


Препринт ЕФИ-1137(14)-89

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



ЕФИ -- 1137 (14) 89.

С.Х.АРУТЮНЯН, А.Д.ЕРЛЫКИН, Р.П.КОКОУЛИН,  
А.А.ЧИЛИНГАРЯН

СРАВНЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОГО И СВИНЦОВОГО  
ВАРИАНТОВ УСТАНОВКИ «ПАРАМЕТР»  
ЭКСПЕРИМЕНТА АНИ

ЦНИИатоминформ  
ЕРЕВАН - 1989

Ա.Գ.ԵՐԼԻԿԻՆ\*, Ս.Խ.ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ռ.Պ.ԿՈԿՈՒԼԻՆ\*\*

Ա.Ա.ՉԻԼԻՆԳԱՐՅԱՆ

ԱՆԻ ԳԻՏԱՓՈՐՁԻ ԶՈՒԳԱՉԱՓԻ ԵՐԿԱՅԵ ԵՎ ԿԱՊԱՐԵ ՏԱՐԲԵ-  
ՐԱԿՆԵՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Աշխատանքում ներկայացված են համեմատական վերլուծության արդյունքները: Հետազոտությունը կատարվել է ,վարժական քաղվածքների,, միջոցով, որոնք հաշվողական փորձի արդյունք են: Այդ փորձը ընդգրկում է փորձարարական սարքով մյուսնի անցման իմիտացիոն ծրագիր և սարքի ,արձագանքի,, հետագա վերլուծություն: Տարբերակվում էին ինչպես սարքի ընդլայնումը, այնպես էլ օգտակար դեպքերի ընտրության և մյուսնի էներգիայի վերականգնման մեթոդները: Համեմատությունը կատարվում էր այնպիսի տերմիններով, որոնք հաշվի էս առնում և առանձին մյուսնի վերականգնման մշտությունը, և տիեզերական ճառագայթների մյուսնների հոսքի էներգետիկ երանգանին: Վերլուծությունը հանգեցրեց հետևյալին. առանձին մյուսնների էներգետիկ երանգանու ուսումնասիրման համար գերադասելի է ,երկայթե,, կալորիմետրը, ԼՄՀ-ի առանցքին մոտ մյուսնների խմբի տարածա-էներգետիկ ընդլայնումների հետազոտման համար, կալորիմետրը: Եթե զուգաչափը շրջապատվի նեյտրոնային հաշվիչներով, ապա ,կալորե,, տարբերակը առավելություն կունենա երկու դեպքում էլ:

Երևանի Փիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1989

Լերեդևի անվ. ԳԱ ՓԻ

ՄՖՀԻ



Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (ЦНИИ Атоминформ) 1989 г.

УДК 535.853:537.591

С.Х.АРУТЮНЯН, А.Д.ЕРЛЫКИН \*, Р.П.КОКОУЛИН \*\*,

А.А.ЧИЛИНГАРЯН

СРАВНЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОГО И СВИНЦОВОГО ВАРИАНТОВ УСТАНОВКИ  
"ПАРМЕТР" ЭКСПЕРИМЕНТА АНИ

В работе приводятся результаты сравнения двух основных вариантов установки "Парметр" эксперимента АНИ. Исследования проводились с помощью "обучающих выборок" - результатов вычислительных экспериментов с использованием имитационной программы прохождения мюонов через экспериментальную установку и последующего анализа "отклика" установки. Варьировались как параметры установки, так и методики отбора полезных событий и восстановления энергии мюона. Сравнение велось в терминах, учитывающих как точность восстановления энергии отдельного мюона, так и - энергетического спектра потока мюонов космического излучения. Анализ приводит к выводу, что для изучения энергетического спектра одиночных мюонов предпочтительней "железный" калориметр для исследования пространственно-энергетических характеристик групп мюонов вблизи оси ШАЛ - "свинцовый" калориметр. Если же окружить парметр нейтронными счетчиками, то тогда свинцовый вариант будет иметь преимущество также и в первом случае.

Ереванский физический институт

Ереван 1989

---

\* ФИАН им.П.Н.Лебедева

\*\* МИФИ

A.A. CHILINGARIAN, S.Kh. HARUTYUNIAN,  
R.P.KOKOULIN\*, A.D. YERLYKIN\*\*

COMPARISON OF IRON AND LEAD VARIANTS OF THE ANI PAIR METER

The results of comparison of the main variants of the ANI experiment Pair Meter installation are presented in this paper. The investigations have been carried out by means of "training samples" - the result of computational experiments using simulation programs of traversal of the experimental installation by muons with a following analysis of its responses. The parameters of the installation as well as the methods of selection of useful events and of estimation of the muon energy have been varying. The comparison is made in terms which take into account the accuracy of estimation of energy of an individual muon as well as of the energy spectrum of a muon flux in CR. One concludes from the analysis that for studying of the energy spectrum of individual muons it is preferable to use an "iron" calorimeter, while for studying of spectral and energy characteristics of a group of muons near an EAS axis, one has better use a "lead" one. If the pairmeter is surrounded by neutron counters, then the lead calorimeter is advantageous in both of the cases.

Yerevan Physics Institute

-----  
Yerevan 1989  
-----

\*Moscow Physical and Engineering Institute

\*\* Lebedev Institute

В связи с планированием подземной части эксперимента АНИ [1] встал вопрос о выборе конструкции установки "Парметр"[2]. В настоящей работе мы приводим результаты сравнения двух основных предложенных вариантов - "железного" и "свинцового" (см. табл. I).

При сравнении вариантов следует учесть, что в отличие от магнитного спектрометра, в котором по отклонению траектории частицы в магнитном поле можно непосредственно определить импульс частицы и в котором ввиду обычно сплошного сердечника магнита, отсутствуют фоновые процессы, установка парметр регистрирует количество и мощность каскадов, индуцированных электромагнитными и ядерными взаимодействиями  $\mu$  - мезонов в слоях установки.

Поэтому в отличие от непосредственного определения энергии в спектрометре восстановление энергии по отклику парметра гораздо более сложный процесс, зависящий от конкретного метода, выбранного для оценивания энергии [3], и метода дискриминации фона, вызванного ядерными взаимодействиями мюонов [4].

Исследование отклика парметра проводилось с помощью "обучающих выборок" - результатов вычислительного эксперимента по программе прохождения мюонов через экспериментальные установ -

ки [5]. В отдельные выборки генерировались события с электромагнитными и ядерными взаимодействиями мюонов. Затем они объединялись в пропорции, соответствующие критериям отбора полезных событий и спектру мюонов космического излучения (см. табл. 2).

В базу данных центра данных АНИ [6] записывалась полная информация о вторичных частицах, энергии мюона и необходимая информация о пороговых условиях, параметрах установки.

Для оценивания энергии выбран метод порядковых статистик убывающего вариационного ряда мощностей энерговыделения в рядах параметра [7]. Несмотря на свою простоту, этот метод дает логарифмически нормальные оценки с одинаковой дисперсией в широком интервале энергий. Дискриминация фона, возникшего от ядерных взаимодействий, основывается на структурных особенностях "ядерных" и "электромагнитных" каскадов и осуществляется методами кластерного анализа.

Сравнение вариантов параметра проведено с помощью двух характеристик - эффективность классификатора [2] и эффективная светосила

$$S\Omega_{ef} = S\Omega_0 \times \exp(-\gamma^2 \delta^2/2), \quad (I)$$

где  $S\Omega_0$  - геометрическая светосила,  $\gamma$  - показатель энергетического спектра,  $\delta$  - дисперсия распределения логарифма оценки энергии. Экспоненциальный множитель показывает эффективность установки по измерению степенного энергетического спектра.

Ясно, что увеличение ошибки определения энергии приводит к уменьшению эффективной светосилы - "эффективная" энергия  $E_{ef}$  мюонов, генерирующих каскады, отвечающие заданным "мастерным" условиям (например, 5-я. порядковая статистика  $n_5 \gg 100$  час-

тиц) будет уменьшаться, во-первых, из-за круто падающего спектра мюонов и, во-вторых, из-за вклада ядерных взаимодействий низкоэнергичных мюонов.

В табл.3 приведены результаты сравнения "железной" установки с двумя вариантами "свинцовой", которые отличаются "мастерскими" условиями:  $P_{100}$  - порог  $n_5 \geq 100$  частиц (как и в "железной" установке) отбирает события с гораздо меньшей энергией, чем установка  $Fe_{100}$ .  $P_{250}$  - порог  $n_5 \geq 250$  частиц отбирает события с энергией, сравнимой с энергиями в установке  $Fe_{100}$ .

Из табл.4 видно, что хотя "свинцовый" параметр гораздо лучше оценивает энергии "истинных" электромагнитных каскадов, "включение" ядерных взаимодействий значительно ухудшает разрешение. Поэтому для исследований в ТэВ-ной области необходимо проводить предварительную селекцию событий и выделить фон, вызванный ядерными взаимодействиями. Эффективность используемого нами классификатора отражена в табл.4, из которой видно, что достигается уменьшение смещения оценки энергии. Характеристика эффективности классификатора  $\eta_{ef}$  имеет вид

$$\eta_{ef} = \frac{N_{э/м}}{N_0} \times \exp \left\{ \gamma (\bar{Y}_{э/м} - \bar{Y}_0) \right\}, \quad (2)$$

где  $N_{э/м}$  - число событий, классифицированных как электромагнитные;

$N_0$  - истинное число электромагнитных событий;

$\bar{Y}_{э/м} = \rho n \frac{E_{\mu}}{n_5}$ , где усреднение осуществляется по совокупности событий, идентифицированных как электромагнитные;

$\bar{Y}_0$  - то же для истинных электромагнитных событий.

Из табл.5 видим, что эффективность классификатора [2] больше

для  $Fe_{100}$  - варианта, где ядерные каскады затухают в одном ряду поглотителя и, следовательно, ядерное взаимодействие в  $Fe$  - калориметре не имеет структуры многочисленных малых толчков, которые могут имитировать электромагнитное взаимодействие мюонов гораздо больших энергий.

Наш анализ приводит к выводу, что использования кластерного классификатора [4] для изучения спектра одиночных мюонов в ТэВ-ной области предпочтительней железный параметр. В задачах же, где влияние фона не столь существенно (например, в исследованиях пространственно-энергетических характеристик мюонов вблизи оси ШАД и др.) свинцовый калориметр ввиду лучшего энергетического разрешения может дать более достоверные результаты.

Если же проблему подавления фона ядерных каскадов решать не только по картине распределения ионизации, но, например, и с помощью нейтронных счетчиков, окружающих параметр, то тогда свинцовый вариант будет иметь преимущество также и при изучении спектра одиночных мюонов.

Таблица I

## Характеристики вариантов установки

	Fe	PВ
Толщина слоя поглотителя (см)	17,8	5
Число рядов	30	60
Полная толщина поглотителя (р.е.)	300	531
Полная масса поглотителя (т)	3472	2750
Число ядерных пробегов	29-30	16
$S\Omega_0$ - геометрическая светосила ( $m^2$ ср)	94,97	146,69

Таблица 2

Состав обучающих выборок: отношение сигнал-фон =  
 "электромагнитное" "ядерное" определялось "мастерскими"  
 условиями

	PВ <sub>100</sub>	PВ <sub>250</sub>	Fe <sub>100</sub>
Число "электромагнитных" событий	50	30	40
Число "ядерных" событий	44	60	50

Таблица 3  
Эффективная светосила

	Fe <sub>100</sub>	PВ <sub>250</sub>	PВ <sub>100</sub>
$S\Omega_{ef}^{\circ}$ - эффективная светосила при $\delta = \delta_0$ (м <sup>2</sup> ср.)	17,6	56,84	56,84
$\delta$ - погрешность измерений логарифма энергии без учета фона	0,94	0,81	0,67
$S\Omega'_{ef}$ - эффективная светосила при $\delta = \delta'$ (м <sup>2</sup> ср.)	3,79	13,42	28,56
$\delta$ - погрешность измерения логарифма энергии с учетом фона	0,9	0,92	0,89
$S\Omega_{ef}$ - эффективная светосила (м <sup>2</sup> ср.)	4,95	6,71	8,18

Таблица 4  
Энергетическое разрешение: "истинных" электромагнитных событий - 1-й столбец; с учетом "ядерного" фона - 2-й столбец; после дискриминации фона - 3-й столбец

	$\lg \bar{E}_{\mu}$ (э/м)	$\lg \bar{E}_{\mu}$ (э/м+я)	$\lg \bar{E}_{\mu}$
Fe <sub>100</sub>	0,84 ± 0,64 (7,52 ТэВ)	0,42 (2,63 ТэВ)	0,76 ± 0,63 (5,75 ТэВ)
PВ <sub>250</sub>	0,79 ± 0,59 (6,14 ТэВ)	0,41 (2,54 ТэВ)	0,64 ± 0,63 (4,33 ТэВ)
PВ <sub>100</sub>	0,47 ± 0,54 (2,93 ТэВ)	0,17 (1,48 ТэВ)	0,41 ± 0,62 (2,59 ТэВ)

Таблица 5

## Эффективность классификатора

	$Fe_{100}$	$PВ_{250}$	$PВ_{100}$
$\sigma (\lg E_{\mu}/n_s)$	0,2	0,57	0,19
$\eta_{ef}$	1,03	0,67	0,68

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чилингарян А.А. Имитационная модель магнитного спектрометра. Тезисы докладов У Конференции молодых ученых ЕФИ, Ереван, 1981, с.64-65.
2. Авакян В.В. и др. Парметр - предложение о создании детекторов мюонов в подземной лаборатории АНИ. Препринт ЕФИ-1099(62)-88, Ереван, 1988.
3. Тер-Антонян С.В., Чилингарян А.А. Об одной возможности улучшения энергетического разрешения многослойных детекторов. ВАНТ, сер.Техника физ.эксп., Ереван, 1982, вып.3(12), с.90-91.
4. Арутюнян С.Х., Кокоулин Р.П., Чилингарян А.А. О непараметрических методах подавления ядерных каскадов при измерении спектра мюонов с помощью парметра. Препринт ЕФИ-940(91)-86, Ереван, 1986.
5. Kokoulin R.P. Monte-Carlo calculation for Pair Meter, ICR-Report-102-82-5, Tokyo, 1982.
6. Акопов Н.З. и др. Автоматизация средств обработки данных в физике космических лучей. Тезисы докл. Всесоюзн.сем. по обработке физ.инф., ЕрФИ, Ереван, 1985.
7. Кокоулин Р.П., Петрухин А.А. Основы теории парметра. Препринт МИФИ-048-86.

Рукопись поступила 28 февраля 1989 г.

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

С. Х. АРУТЮНЯН, А. Д. ЕРЬКИН, Р. П. КОКОУЛИН, А. А. ЧИЛИНГАРЯН  
СРАВНЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОГО И СВИНЦОВОГО ВАРИАНТОВ УСТАНОВКИ  
ПАРМЕТР ЭКСПЕРИМЕНТА АНИ

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

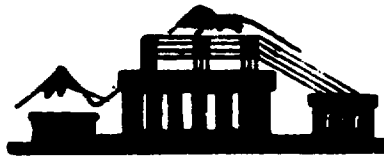
---

Подписано в печать 23/IV-89г.      ВФ-02054      Формат 60x84/4  
Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,5      Тираж 299 экз.      Ц. 8 к.  
Зак. тип. № 506      Индекс 3649

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, ул. Братьев Аликханян, 2

**ИНДЕКС 3649**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**