

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



Б-202

24/II-75

P1 - 8322

702/2-75

Б.Ю.Балдин, Л.С.Вертоградов, Н.К.Вишневский,  
Я.В.Гришкевич, З.В.Крумштейн, В.Г.Лапшин,  
Р.Ляйсте, Ю.П.Мереков, Нго Куанг Зуй, В.И.Петрухин,  
Д.Позе, А.И.Ронжин, В.И.Рыкалин, И.Ф.Саменкова,  
В.И.Соляник, В.М.Суворов, Г.Хемниц, Н.Н.Хованский,  
Б.А.Хоменко, З.Цисек, М.Шавловски, Г.А.Шелков,  
Й.Шюлер

ПОИСК НОВЫХ ТЯЖЕЛЫХ ЧАСТИЦ  
В СОУДАРЕНИЯХ ПРОТОНОВ С ЯДРАМИ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 70 ГЭВ

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Б.Ю.Балдин, Л.С.Вертоградов, Н.К.Вишневский,\*  
Я.В.Гришкевич, З.В.Крумштейн, В.Г.Лапшин,\*  
Р.Ляйсте, Ю.П.Мереков, Нго Куанг Зуй, В.И.Петрухин,  
Д.Позе, А.И.Ронжин, В.И.Рыкалин,\* И.Ф.Саменкова,  
В.И.Соляник,\* В.М.Суворов, Г.Хемниц, Н.Н.Хованский,  
Б.А.Хоменко, З.Цисек, М.Шавловски, Г.А.Шелков,  
Й.Шюлер

ПОИСК НОВЫХ ТЯЖЕЛЫХ ЧАСТИЦ  
В СОУДАРЕНИЯХ ПРОТОНОВ С ЯДРАМИ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 70 ГЭВ

*Направлено в ЯФ*

---

\* Институт физики высоких энергий, Серпухов.

Каждое продвижение в область более высоких энергий стимулирует поиск новых частиц в интервале масс покоя, который ранее не мог быть исследован либо по причине высокого энергетического порога, либо из-за малых сечений рождения. Интерес к этим экспериментам повышается в связи с предсказаниями теории о возможном существовании фундаментальных субчастиц. В экспериментах, выполненных на протонном синхротроне Брукхейвенской лаборатории /энергия ускоренных протонов 30 ГэВ/ с целью поиска новых частиц с дробным<sup>/1/</sup> и целым<sup>/2/</sup> зарядами, исследовалась область масс  $2,1M_p < M < 7,5M_p$  /  $M_p$  - масса протона/, однако таких частиц обнаружено не было. Для протонного синхротрона ИФВЭ /Серпухов/ с энергией протонов 70 ГэВ максимальная масса частиц, образовавшихся в реакции  $p + N \rightarrow p + N + X + \bar{X}$ , составляет  $5,17 M_p$ , что в 1,7 раза больше, чем на ускорителях с энергией 30 ГэВ. Соответственно расширяется и диапазон масс, в котором можно проводить поиск новых частиц. Выполненные в этом направлении эксперименты в основном имели целью обнаружение частиц с дробным электрическим зарядом, а также поиск новых антиядер. В результате этих исследований были зарегистрированы ядра антигелия-3<sup>/3/</sup> и антитрития<sup>/4/</sup> и найдены верхние граничные оценки сечения образования кварков<sup>/5,6/</sup> и полукварков<sup>/7/</sup> в диапазоне масс до  $\sim 5M_p$ . В работе<sup>/3/</sup> была получена также верхняя граничная оценка сечения образования новых однозарядных частиц в диапазоне масс  $(2-3) M_p$ :

$$\frac{d^2\sigma}{dP d\Omega} < 1,3 \cdot 10^{-34} \frac{\text{см}^2}{\text{ср. ГэВ/с.оро Al}}$$

В настоящем эксперименте исследовалось образование отрицательно заряженных частиц с зарядом  $0,45 < \leq |Z| < 3$  в интервале масс  $/2,2-10/M_p$ . Эксперимент проводился одновременно с поиском ядер антитрития.

### Постановка эксперимента

Эксперимент проводился на пучке вторичных отрицательно заряженных частиц с импульсом  $25 \text{ ГэВ/с}$ , образуемых протонами с энергией  $70 \text{ ГэВ}$  на внутренней мишени протонного синхротрона ИФЭ под углом  $0^\circ$  к направлению первичного пучка. Основная часть измерений была выполнена на алюминиевой мишени.

Импульс  $25 \text{ ГэВ/с}$  примерно соответствует максимуму фазового объема реакции  $p + p \rightarrow N + N + X + \bar{X}$  для масс  $M_X > 3M_p$ . При энергии налетающих протонов, равной  $70 \text{ ГэВ}$ , частицы с массами  $M_X \geq 5M_p$  могут рождаться только на внутриядерных нуклонах, обладающих ферми-импульсом. Для  $M_X \geq 10M_p$  компонента импульса внутриядерного движения в направлении, противоположном импульсу налетающего протона, должна превышать  $\sim 2,3 \text{ ГэВ/с}$ . Вероятность такой концентрации энергии ядра на одном нуклоне составляет по некоторым оценкам  $\sim 10^{-4} - 10^{-5}$ . Исходя из этих оценок, мы ограничили исследуемый диапазон масс, значением  $M_X \leq 10M_p$ . Поскольку с увеличением угла вылета требуемое значение внутриядерного импульса быстро возрастает, поиск производился под углом  $0^\circ$ .

При фиксированном импульсе единственной измеряемой на опыте характеристикой однозарядных частиц является их скорость. В табл. 1 приведены значения  $\Delta\beta$  и  $\Delta t$  для частиц с импульсом  $25 \text{ ГэВ/с}$  в исследуемом диапазоне масс. Здесь  $\Delta\beta = 1 - \beta$ , а  $\Delta t$  - разность времен пролета  $\pi$ -мезона и частицы с массой  $M$  на базе  $100 \text{ м}$ .

Из табл. 1 видно, что различие скоростей весьма мало, и чтобы надежно идентифицировать частицы, доля которых в пучке во всяком случае  $< 10^{-9/9}$ , необходимо обеспечить высокое разрешение по скорости, проведение

Таблица 1

| Частица                  | $\pi$               | $\bar{p}$         | $\bar{d}$           | $\bar{n}^3$         | $4M_p$              | $5M_p$              | $7,5M_p$            | $10M_p$             |
|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $\Delta\beta$            | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-4}$ | $2,8 \cdot 10^{-3}$ | $6,3 \cdot 10^{-3}$ | $1,1 \cdot 10^{-2}$ | $1,7 \cdot 10^{-2}$ | $3,7 \cdot 10^{-2}$ | $7,4 \cdot 10^{-2}$ |
| $\Delta t, \text{ нсек}$ | 0                   | 0,2               | 0,9                 | 2,1                 | 3,7                 | 5,8                 | 12,9                | 22,7                |

измерений скорости независимыми детекторами и эффективное подавление регистрации более легких частиц ( $\pi$ ,  $K^-$ ,  $p$ ,  $\bar{d}$ ). Кроме того, требуется принять особые меры для подавления фона, обусловленного ядерными взаимодействиями в веществе детекторов и стенках ионопровода, продукты которых могли бы имитировать тяжелые частицы. Это достигалось использованием специального магнитного канала /10/ с двукратным анализом пучка по импульсу и многократной очисткой его от продуктов ядерных взаимодействий, применением для измерения скорости частиц спектрометра по времени пролета с высоким временным разрешением газовых и черенковских детекторов, а также работой на линии с ЭВМ, что дало возможность проводить многомерный анализ отобранных событий и контроль условий эксперимента в реальном времени. Работа экспериментальной аппаратуры на линии с ЭВМ обеспечила возможность набора статистики при сравнительно слабом предварительном отборе событий, что в некоторой степени эквивалентно параллельному проведению фоновых измерений.

### Экспериментальная аппаратура

Экспериментальная установка состояла из системы регистрации прохождения частиц через канал /мониторные счетчики  $S_1-S_7$  /, системы идентификации легких частиц /газовые пороговые черенковские счетчики  $C_1-C_4$  /11/ /, системы измерения амплитудно-временной информации /12/ /, спектрометра по времени пролета /13/ и многоканального черенковского счетчика /14/ /рис. 1/. Подробное описание установки приведено в работе /4/.

Время пролета измерялось на базе 102 м и двух половинах базы с помощью трех временных сцинтилляционных счетчиков  $B_1-B_3$  /временные интервалы  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  соответственно/. Счетчик  $B_1$  состоял из двух независимых частей. Использование большого пролетного расстояния /~170 м от мишени до последнего базового счетчика/ ограничивает интервал времен жизни частиц, эффективно регистрируемых установкой, вели-

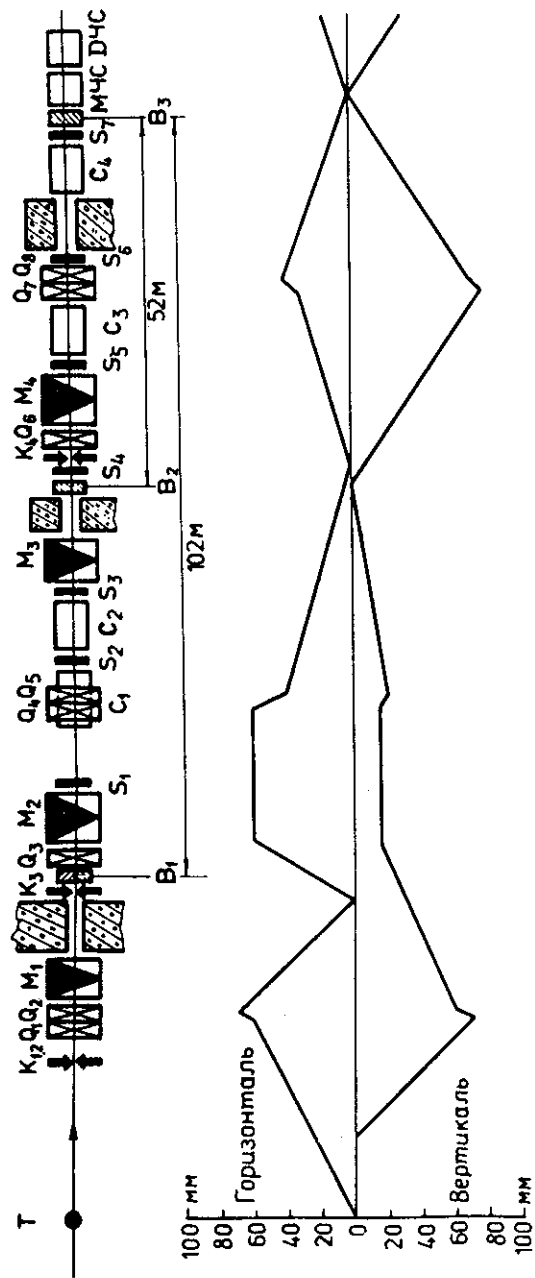


Рис. 1. Схема расположения детекторов на канале 4В ускорителя и профиль пучка частиц /расчет/. Т - мишень; K - коллиматор, Q - квадратная линза, M - огибающая магнит, S - сцинтилляционный счетчик, C - пороговый черенковский счетчик, B - базовый счетчик спектрометра по времени пролета, M4C, D4C - многоканальный и дифференциальный черенковские счетчики /использовались в основном для поиска ядер  $^3H$  /.

чиной  $\sim 10^{-7} - 10^{-8}$  сек. Временное разрешение спектрометра по всем базам было не хуже 0,3 нсек. Дополнительная неопределенность по времени пролета, обусловленная разбросом пучка по импульсу ( $\frac{\Delta P}{P} = 2,8\%$ ),

дает заметный вклад в разрешение лишь в области больших масс и для  $M_{\chi} = 10 M_p$  составляет 1,2 нсек. Результирующее разрешение позволяло надежно разделять частицы, отличающиеся на  $\Delta M \approx 0,5 M_p$ , во всем исследованном диапазоне масс.

Два пороговых счетчика  $C_1$  и  $C_3$ , включенные на антисовпадения с мониторным телескопом М /семикратные совпадения/, обеспечивали подавление скорости счета легких частиц ( $\pi^-, K^-, \bar{p}$ ) до уровня  $\sim 10^{-6}$ . Пороговая скорость частиц для счетчиков  $C_1, C_3$  соответствовала  $\Delta\beta = 1,26 \cdot 10^{-3}$ , так что эти счетчики не дискриминировали ядра  ${}^3\text{He}$  / $\Delta\beta = 1,67 \cdot 10^{-3}$ /. Для отобранных по триггеру  $\bar{M}C_1 \bar{C}_3$  событий измерялись времена пролета частицы между счетчиками  $S_3, S_5(t_{35}), S_3, S_7(t_{37})$  и  $S_5, S_7(t_{57})$  с разрешением 1,0-1,5 нсек. В последующей обработке на ЭВМ сравнение этих времен между собой позволяло очистить выборку событий от фона случайных совпадений в мониторе. Измерялись также временные отметки сигналов от черенковских счетчиков  $C_1 - C_4$  и амплитуды сигналов от счетчиков  $B_1 - B_3, C_1 - C_4, S_3, S_5, S_7$ . Блок-схема электронной логики эксперимента приведена в /4/.

Отношение  $r$  амплитуд сигналов от сцинтилляционных счетчиков к порогам формирователей задавалось равным 10-20. Измерения показали, что доля амплитуд, меньших 50% от наиболее вероятной, не превышает 1% всех амплитуд, так что установка могла с эффективностью  $\epsilon > 1 - 0,01 / 10 > 0,90$  регистрировать частицы с зарядом  $|Z| = \sqrt{2/r} > 0,45$ . При  $|Z| = 3$  в канал могут попадать только частицы с "нефизическим" импульсом 75 ГэВ/с.

Зарегистрированная в каждом событии амплитудно-временная информация от всех детекторов /50 парамет-

ров по 1024 канала каждый/ и до 40 логических признаков события передавались в ЭВМ. По окончании импульса интенсивности ЭВМ регистрировала показания 30 пересчетных схем, содержащие информацию о работе монитора, черенковских счетчиков и об условиях наведения внутреннего пучка на мишень.

Кроме событий, отобранных триггером  $\bar{M}C_1 \bar{C}_3$ , в ЭВМ записывались характеристики 5-6 событий за цикл ускорения, выбранных из монитора с помощью схемы блокировки. Основная доля этих событий /~98%/ является  $\pi^-$ -мезонами. Положение центров тяжести и форма пиков в амплитудных и временных распределениях  $\pi^-$ -мезонов позволяли контролировать работу всех трактов амплитудно-временных измерений. Одно из  $\pi^-$ -мезонных событий имело сдвинутый на ~70 нсек триггер и использовалось для контроля положения электрических пьедесталов в амплитудных спектрах и определения формы амплитудных и временных распределений, соответствующих случайным совпадениям в данном детекторе /подробнее см. /4/ /.

### Измерения

В течение четырех сеансов работы на ускорителе через установку было пропущено  $3,75 \cdot 10^{11}$  частиц и зарегистрировано  $1,5 \cdot 10^6$  событий:  $10^6$   $\pi^-$ -мезонов и  $5 \cdot 10^5$  событий с триггером  $\bar{M}C_1 \bar{C}_3$ . Количество вещества на пути частиц в канале до последнего базового счетчика составляло в первых трех сеансах  $30 \text{ г/см}^2$ , в последнем сеансе -  $38 \text{ г/см}^2$ .

Одновременно с набором статистики производилось накопление амплитудно-временных спектров для событий, отобранных по заданным критериям: спектры  $\pi^-$ -мезонов, антинейтронов, гистограммы пьедесталов и т.д., всего до 63 гистограмм с суммарным числом каналов  $1,2 \cdot 10^4$ . Периодически /с интервалом 2-4 часа/ на печать выдавался полный набор гистограмм, по которым проводился контроль работы установки. Кроме того, любые гистограммы могли быть выведены по требованию экспе-

риментатора. Вместе с гистограммами печатались показания пересчетных схем, мониторинговые отношения, эффективности отбора тяжелых частиц и уровни подавления, по которым контролировалась работа канала и системы отбора событий. Параллельно с набором гистограмм примерно 80% отобранных по триггеру  $MC_1C_3$  событий обрабатывалось по достаточно слабым критериям, которым заведомо должны были удовлетворять частицы с массой, превышающей  $2M_p$ , и некоторая часть антидейтронов. Полная информация для выделенных таким образом событий выводилась на печать. Визуальный просмотр распечатанных событий позволял дополнительно контролировать работу аппаратуры и регистрировать факт прохождения новой частицы непосредственно в ходе эксперимента.

В начале и в конце каждого сеанса калибровалась временная шкала спектрометра по времени пролета во всем диапазоне масс с помощью задержек на эталонных кабелях. Цена деления и линейность начальной части  $\sim 3,3$  нсек/шкалы спектрометра на полной базе и второй ее половине для контроля определялись также по смещению пика временного спектра  $\pi^-$ -мезонов при перемещении счетчика  $B_3$ . Оба способа калибровки оказались эквивалентными. Результаты калибровки цены канала дополнительно проверялись по расстоянию между  $\pi^-$ -мезонным и антидейтронным пиками на гистограммах времени пролета. Калибровка временных трактов систем амплитудно-временного анализа производилась также с помощью эталонных задержек. Для проверки эффективности регистрации установкой тяжелых частиц имитировалось прохождение частиц с массой  $10M_p$  путем задержки сигналов всех сцинтилляционных счетчиков на требуемую величину. Дрейф времени пролета составлял в среднем 100 нсек за сутки и исключался при обработке данных на ЭВМ при использовании время-пролетных спектров для  $\pi^-$ -мезонов в качестве реперных. Аналогичная коррекция остальных параметров не проводилась, так как в пределах требований, предъявляемых к их стабильности, величина дрейфа была несущественной.

Зарегистрированные события подвергались анализу по следующей совокупности критериев:

1. Критерии, которым должны удовлетворять все частицы в исследуемом диапазоне масс.
2. Критерии, отбрасывающие частицы с массой  $M_x \leq M_p$ .
3. Критерии, отбрасывающие частицы с массой  $M_x \leq M_d$ .
4. Критерии идентификации тяжелых частиц.

Первую группу критериев составляют:

а/ Критерий "правильной" комбинации логических признаков от базовых счетчиков /ПК/, требующий наличия сигналов от счетчиков  $B_2$ ,  $B_3$  и одной из половин  $B_1$ . Критерий отбрасывает заведомо фоновые события и сильно уменьшает долю событий, обусловленных одновременным прохождением двух или более частиц через базовые счетчики.

б/ Условие равенства времен пролета  $t_{35}$  и  $t_{57}$ :  $|t_{35} - t_{57}| \leq 2,5$  нсек. Этому условию удовлетворяют 98% частиц пучка. Кроме того, на величины временных интервалов  $t_{37}$  и  $t_{57}$  накладывались ограничения:  $t_{37}^{(57)} - 3,5$  нсек  $\leq t_{37}^{(57)} \leq t_{37}^{(57)} + 16$  нсек, где  $t_{37}^{(57)}$  - положение центров тяжести соответствующих временных распределений для  $\pi^-$ -мезонов. Критерий позволяет очистить в значительной мере выборку событий от фона, связанного с большой загрузкой счетчиков монитора, при сохранении высокой эффективности регистрации частиц с массой  $0 < M \leq 10M_p$ .

в/ Ограничение на амплитуды сигналов в счетчиках  $S_7$  и  $B_3$ , расположенных в конце магнитооптического канала, где отсутствует магнитный анализ:  $A_i \leq 4A_i^{\pi}$  ( $i = S_7, B_3$ ), здесь  $A_i^{\pi}$  - средние значения амплитуд в этих счетчиках при регистрации  $\pi^-$ -мезонов. Критерий применяется для дискриминации случаев взаимодействия частиц с веществом, сопровождающихся образованием нескольких вторичных частиц.

В специальной обработке, проведенной с целью поиска двухзарядных частиц, отбирались события, в которых амплитуды сигналов в сцинтилляционных счетчиках с "толстыми" сцинтилляторами и счетчике  $C_4$  удовлетворяли условию

$$A_i \geq 2A_i^\pi \quad (i = B_1, B_2, B_3, S_4, S_7, C_4).$$

При этом одновременно могли отбираться также события, отвечающие прохождению через установку поликварков<sup>15/с</sup> зарядами  $|Z| = 5/3$  и  $7/3$ . Поликварки с зарядом  $|Z| = 4/3$  могли быть выделены в ходе основной обработки.

Таблица 2

| Группа | Название критерия | Границы критерия  | Эфф. критерия для тяжелых частиц, % | Коэффициент подавления фона | Число оставшихся событий |
|--------|-------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|        | ПК                |   | 70                                  | 3                           | 75 000                   |
|        |                   |   | по отн.к $M_{I,2}^{\pi} C_3$ (ПК)   |                             |                          |
| I      | $t_{3,2}(S_2)$    | $t_{3,2}(S_2) \geq t_{3,2}^{\pi} - 3,5 \text{ нсек}$<br>$t_{3,2}(S_2) \leq t_{3,2}^{\pi} + 16 \text{ нсек}$ | 98                                  | 2                           |                          |
|        | $\delta t$        | $ t_{3,5} - t_{5,2}  \leq 2,5 \text{ нсек}$   | 99                                  | 20                          |                          |
|        | $A_{3,2}$         | $A_{3,2} < 4A_{3,2}^{\pi}$  | 98                                  | I, I                        |                          |
|        | I                 |   | 97                                  | 50                          | 57 000                   |
| 2      | $C_1$             | $ t_{c_1} - t_{c_1}^{\pi}  \geq 2,5 \text{ нсек}$<br>$A_{c_1} \leq 0,8 A_{c_1}^{\pi}$                       | 98                                  | 4                           |                          |
|        | $C_3$             | $ t_{c_3} - t_{c_3}^{\pi}  \geq 2,5 \text{ нсек}$<br>$A_{c_3} \leq 0,8 A_{c_3}^{\pi}$                       | 99                                  | 2                           |                          |
|        | 2                 |   | 97                                  | 6                           | 53 000                   |
|        | I + 2             |   | 93                                  | 170                         | 50 200                   |
| 3      | $C_2$             | $ t_{c_2} - t_{c_2}^{\pi}  \geq 2,5 \text{ нсек}$<br>$A_{c_2} \leq 0,3 A_{c_2}^{\pi}$                       | 98                                  |                             | 16                       |
|        | $C_4$             | $ t_{c_4} - t_{c_4}^{\pi}  \geq 2,5 \text{ нсек}$<br>$A_{c_4} \leq 0,6 A_{c_4}^{\pi}$                       | 99                                  |                             | 378                      |
|        | 3                 |   | 98                                  |                             | 16                       |

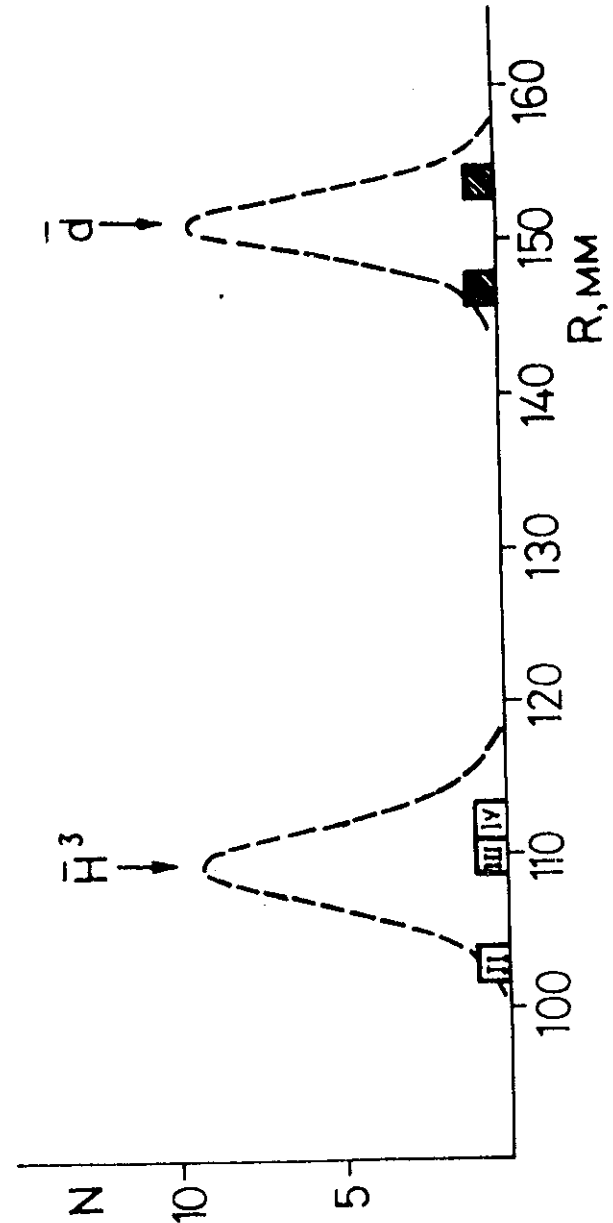


Рис. 2. Распределение по радиусу кольца черенковского излучения в МЧС для событий, отобранных по критериям I+2+3. Монитор  $M=3,0 \cdot 10^{11}$  /80% полной статистики/.



В критериях второй и третьей групп задавались интервалы, в которых должны находиться амплитуды и времена сигналов от черенковских счетчиков  $C_1 - C_4$ , для частиц, регистрируемых этими счетчиками. Для идентификации тяжелых частиц использовалась информация, полученная от спектрометра по времени пролета, а в области масс  $2, 2M_p \leq M \leq 3, 1M_p$  и от многоканального черенковского счетчика /см. рис. 2/14/. Процедура выбора рабочих значений границ интервалов для критериев отбора подробно описана ранее /4/. При этом рабочие значения границ соответствуют максимальному подавлению фона при сохранении эффективности регистрации частиц с массой  $M \geq 2, 2M_p$  не менее 90%. Суммарные данные об уровнях подавления и эффективностях регистрации частиц при выбранных значениях границ в критериях отбора, полученные по материалу последнего сеанса /65% статистики/, приведены в табл. 2.

### Результаты эксперимента

После применения критериев первых трех групп ко всей набранной в эксперименте статистике остается 29 событий. Двумерное распределение этих событий показано на рис. 3. Из рисунка видно, что 24 события лежат в области антинейтронов, четыре события I-IV в области антитрития и одно событие в фоновой области, так как оно отклоняется за  $8\sigma$  от области реальных частиц на плоскости  $T_0, T_1 - T_2$ . Первые 28 событий - это те же события, что и в случае наблюдения антитрития /4/. Появление последнего, 29-го, события связано с изменением ограничений, накладываемых на временные интервалы  $t_{37(57)}$ . Верхней границе исследуемой области масс частиц,  $10M_p$ , соответствует условие  $t_{37(57)} \leq t_{37(57)}^{\pi} + 16$  нсек, в то время как в случае обнаружения ядер антитрития использовалось условие  $t_{37(57)} \leq t_{37(57)}^{\pi} + 3,5$  нсек. Таким образом, среди  $\sim 4 \cdot 10^{11}$  частиц, пропущенных через установку, не зарегистрировано ни одной новой частицы, кроме ядер  ${}^3\bar{H}$ .

С учетом поправок на поглощение и распад частиц

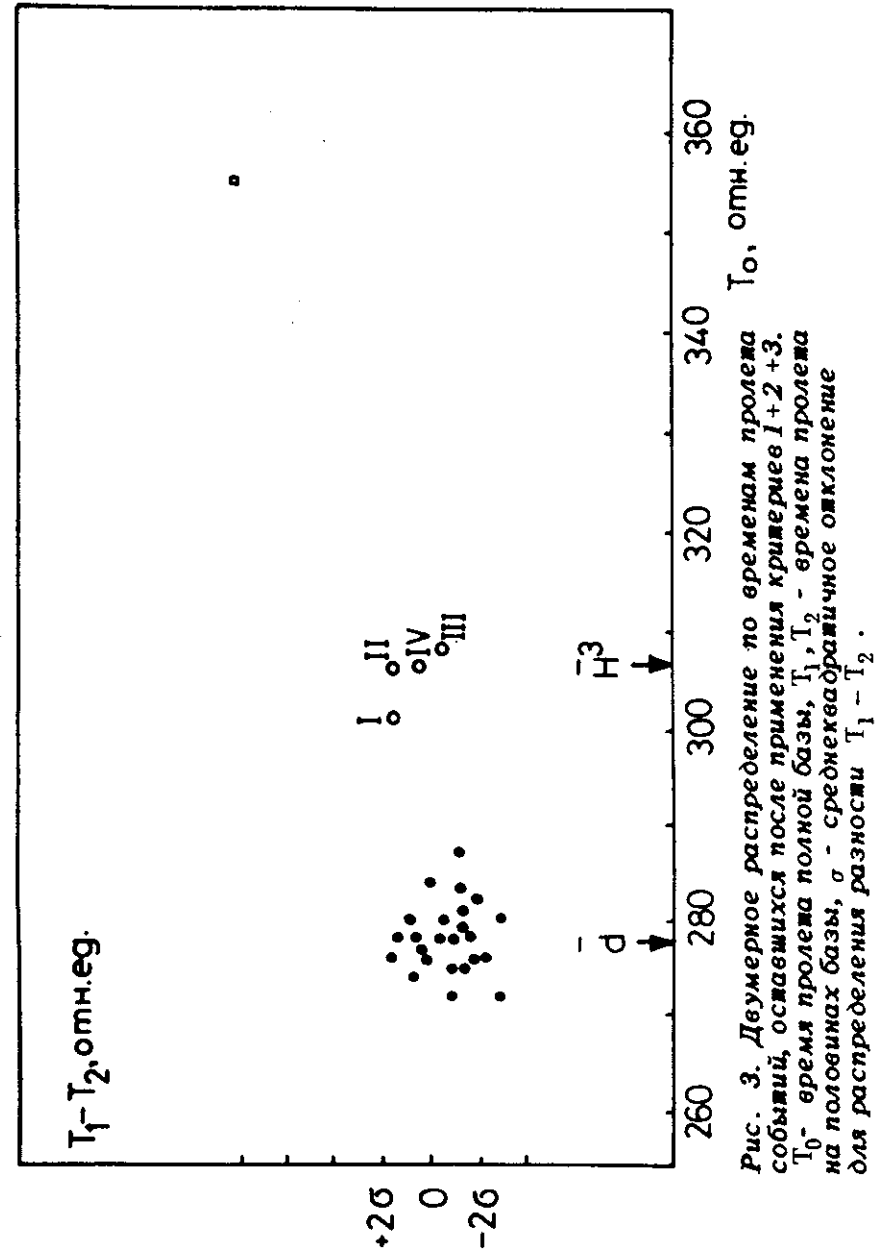


Рис. 3. Двумерное распределение по временам пролета событий, оставшихся после применения критериев I+2+3.  $T_0$  - время пролета полной базы,  $T_1, T_2$  - времена пролета на половинах базы,  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение для распределения разности  $T_1 - T_2$ .

пучка, а также эффективности регистрации и отбора отношение выходов частиц  $X$  и  $\pi^-$ -мезонов не превышает  $1,1 \cdot 10^{-11}$  на уровне достоверности 90%. При вычислении верхней границы предполагалось, что неизвестные тяжелые частицы  $X$  стабильны и взаимодействуют с веществом как антипротоны. Если принять, что отношение выходов  $N_X/N_{\pi^-}$  слабо зависит от ядра-мишени, и использовать сечение образования  $\pi^-$ -мезонов  $\frac{d^2\sigma}{dP d\Omega}$

/О°, 25 ГэВ/с/ из работы /16/, то для верхней граничной оценки сечения рождения однозарядных частиц в диапазоне масс  $2,2M_p - 10M_p$  получим с достоверностью 90%

$$\frac{d^2\sigma_X}{dP d\Omega} / \text{О}^\circ, 25 \text{ ГэВ/с} / < 2,6 \cdot 10^{-36} \text{ см}^2 / \text{ср} \cdot \text{ГэВ/с} \cdot \text{ядро Al}.$$

Для кварков с зарядом  $Z = -2/3$  и поликварков /импульс  $P \cdot |Z|$ , исследуемый интервал масс  $(2,2 - 10) M_p \cdot |Z|$  / верхняя граничная оценка сечения равна оценке сечения однозарядных частиц, умноженной на  $1/|Z|$  /коэффициент, учитывающий изменение импульсного интервала/.

В настоящем эксперименте не наблюдалось ни одного события с амплитудами сигналов от черенковских и сцинтилляционных счетчиков, отвечающими частице с зарядом  $Z = -2$ . Отсюда верхняя граничная оценка дифференциального сечения образования ядер  $^3\text{He}$  симпульсом 50 ГэВ/с под углом  $0^\circ$  равна

$$2,6 \cdot 10^{-36} \times \text{см}^2 / \text{ср} \cdot \text{ГэВ/с} \cdot \text{ядро Al}.$$

/предполагалось, что сечение взаимодействия ядер  $^3\text{He}$  с веществом в 1,5 раза больше соответствующих сечений для антинейтронов/.

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность от группы ОИЯИ - В.П.Джелепову, А.А.Логонову за интерес к работе и поддержку, В.П.Зре-

лову и З.Морозу за участие в подготовке аппаратуры, А.И.Барановскому, Н.Ф.Фурманцу и В.Т.Шибашову за помощь в работе, а также сотрудникам ИФВЭ и ОИЯИ, оказавшим помощь в подготовке и проведении эксперимента; от группы ИФВЭ - дирекциям ОИЯИ и ИФВЭ за поддержку настоящей работы, Ю.Д.Прокошкину за постоянный интерес к работе и ценные советы по постановке и проведению эксперимента, А.Ф.Дунайцеву за полезные обсуждения и помощь в разработке аппаратуры, В.А.Кренделеву и В.Н.Рыченкову за участие в разработке аппаратуры, а также всем сотрудникам ИФВЭ и ОИЯИ, обеспечивавшим проведение эксперимента и обработку результатов.

#### Литература

1. L. B. Leipuner et al. *Phys. Rev. Lett.*, 12, 423 (1964).
2. D. E. Dorfan et al. *Phys. Rev. Lett.*, 14, 999 (1965).
3. Ю. М. Антипов и др. *ЯФ*, 12, 311 /1970/.
4. Б. Ю. Балдин и др. *Препринт ОИЯИ*, Р1-7846. Дубна, 1974; Н. К. Вишневский и др. *ЯФ*, 20, 694 /1974/.
5. Ю. М. Антипов и др. *ЯФ*, 10, 346 /1969/.
6. Ю. М. Антипов и др. *ЯФ*, 10, 946 /1969/.
7. Ю. М. Антипов и др. *ЯФ*, 13, 130 /1971/.
8. M. Danos, B. F. Gibson. *Phys. Rev. Lett.*, 26, 473 (1971).
9. V. M. Kutyin et al. *Phys. Lett.*, 30B, 510 (1969).
10. М. И. Грачев и др. *ЖТФ*, 41, 1812 /1971/.
11. С. В. Донсков и др. *ПТЭ*, N 3, 60 /1969/.
12. Б. Ю. Балдин и др. *Препринт ОИЯИ*, 13-7751, Дубна, 1974.
13. Н. К. Вишневский и др. *Препринт ИФВЭ*, СЭФ 71-86, Серпухов, 1971.
14. Н. К. Вишневский и др. Многоканальный черенковский счетчик на годокопических ФЭУ. Доклад на Международной конференции по физике высоких энергий, Лондон, 1974.
15. J. J. de Swart. *Phys. Rev. Lett.*, 18, 618 (1967).
16. F. Binon et al. *Phys. Lett.*, 30B, 506 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 октября 1974 года.