

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕЙТРИНО И АНТИНЕЙТРИНО НА КАМЕРЕ СКАТ

*А.А.Иванов, В.И.Конюшко, В.М.Кораблев,
В.А.Коротков, Е.П.Кузнецов, В.В.Макеев,
А.Г.Мягков, Ю.П.Никитин, А.Ю.Поляруш,
Ю.И.Смирнов, А.А.Соколов, Д.С.Баранов*

При энергиях нейтрино и антинейтрино 2 — 30 ГэВ на пузырьковой камере СКАТ изучены характеристики кумулятивных протонов, образованных на ядрах фреона (CF_3Br).

К настоящему времени накоплена большая экспериментальная информация об образовании кумулятивных протонов (протоны, вылетающие в кинематическую область, запрещенную для рассеяния на свободном нуклоне), полученная в пучках адронов и γ -квантов [1 — 3]. Имеются первые результаты в пучке антинейтрино [4]. Теоретической интерпретации образования кумулятивных протонов посвящен ряд работ [5 — 7]. Однако эксперимент не дает пока однозначных указаний в пользу какой-либо теоретической модели для объяснения этого явления. Процессы глубоконеупругого рассеяния лептонов на ядрах с наблюдением быстрых нуклонов, летящих назад в ЛС, позволяют получить информацию наиболее простую для теоретической интерпретации.

Предсказания ряда моделей для таких процессов сводятся к следующим эффектам [8].

Гипотеза Амадо — Волошина [5]. Выбивание кумулятивных нуклонов возможно только за счет процессов типа дифракционных. Предсказывается уменьшение средней множественности адронов по сравнению с процессами на свободном нуклоне. Взаимодействие осуществляется в основном в области $x : x_{\text{дифр}} \ll \langle x \rangle$, где $\langle x \rangle$ — среднее значение переменной Бьеркена для процессов на свободном нуклоне.

Гипотеза Вебера — Миллера [6]. Предсказывается резкое подавление выхода кумулятивных нуклонов по сравнению с процессами адрон-ядерного взаимодействия. Предсказывается угловая симметрия спектра кумулятивных нуклонов и отсутствие корреляции между импульсом нуклона и переменной x .

Гипотеза малонуклонных корреляций [7, 8]. Предсказывается угловая асимметрия вылета кумулятивных нуклонов и корреляция между импульсом нуклона и переменной x :

$$\langle x_\alpha \rangle = (2 - \alpha) \langle x \rangle \quad (\text{парная корреляция})$$

$$\langle x_\alpha \rangle = (1,5 - \alpha/2) \langle x \rangle \quad (\text{тройная корреляция})$$

где $\alpha = (\sqrt{M^2 + p^2} - p_3)/M$ (M — масса нуклона; p_3 — проекция импульса нуклона \mathbf{p} на направление $\mathbf{q} = \mathbf{p}_\nu - \mathbf{p}_\mu$); x_α — переменная Бьеркена для процессов с кумулятивными протонами.

В данной работе представлены экспериментальные данные с пузырьковой камеры СКАТ по образованию кумулятивных протонов при взаимодействии ν_μ ($\bar{\nu}_\mu$) с ядрами CF_3Br , основанные на 1868 (ν_μ) и 348 ($\bar{\nu}_\mu$) CC -событиях. Постановка эксперимента и отбор CC -событий опубликованы в работах [9 – 11].

Область изучаемых импульсов протонов была ограничена интервалом $0,1 \leq p^2 \leq 0,5$ (ГэВ/с)².

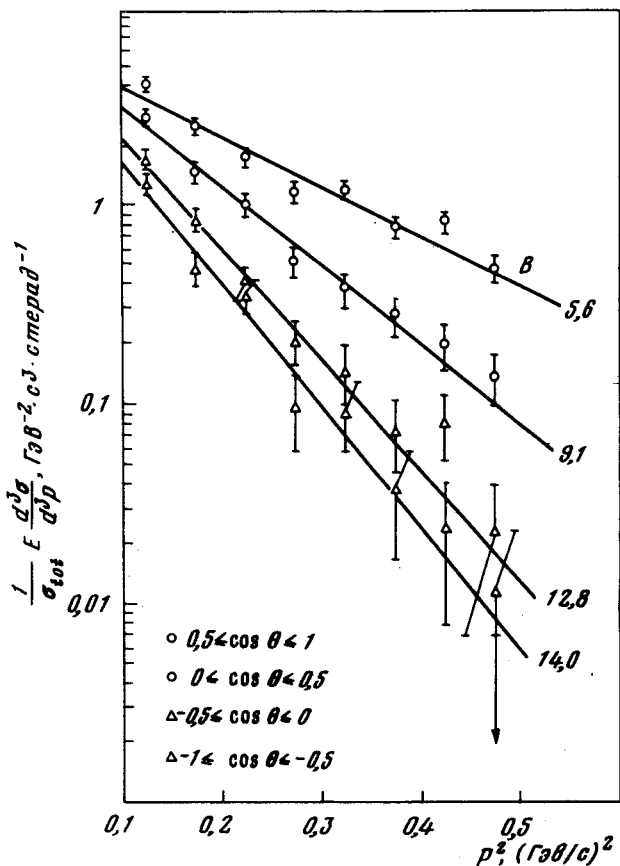


Рис. 1. Импульсные спектры протонов в $\nu_\mu N$ -взаимодействиях в различных областях углов вылета θ

На рис. 1 показаны импульсные распределения протонов в разных областях углов вылета (относительно направления вектора) и результаты фита в форме:

$$1/\sigma_{tot} E d\sigma/d^3 p = C \exp(-B(\theta) p^2).$$

Параметр наклона $B(\theta)$ возрастает с увеличением угла вылета протона θ . Такой же эффект наблюдается при взаимодействии адронов и γ -квантов с ядрами [8].

На рис. 2 представлена угловая зависимость параметра B , полученная в разных экспериментах. Из этих данных видно, что эксперимент, выполненный в ν_μ ($\bar{\nu}_\mu$)-пучках указывает на слабую зависимость параметра B от типа налетающей частицы.

Приведем основные характеристики реакций, связанных с образованием кумулятивных протонов ($90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$). В данном эксперименте найдено 286 (41) событий такого типа в ν_μ ($\bar{\nu}_\mu$)-взаимодействиях.

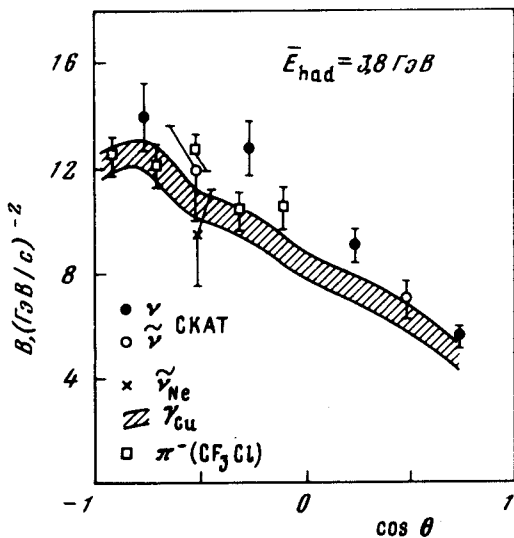


Рис. 2. Угловая зависимость параметра $B(\theta)$: ●, ○ — данный эксперимент; □, $\tilde{\nu}$ и × — работы [2 — 4], соответственно

В табл. 1 представлены относительные выходы событий, содержащих 1, 2 и 3 кумулятивных протона.

Т а б л и ц а 1

N_p	$N_{\text{соб}}/N_{\text{полн}}, \%$	
	ν_μ	$\tilde{\nu}_\mu$
1	$13,6 \pm 0,9$	$9,6 \pm 1,7$
2	$2,1 \pm 0,4$	$2,3 \pm 0,8$
3	$0,28 \pm 0,13$	0,29

В табл. 2 приведены множественности заряженных частиц разного сорта для событий, содержащих и не содержащих кумулятивные протоны.

Т а б л и ц а 2

	С протонами назад	Без протонов назад	
ν_μ	$\langle N_\pi \rangle$	$2,53 \pm 0,18$	$2,37 \pm 0,07$
	$\langle N_p \rangle$	$2,33 \pm 0,16$	$0,58 \pm 0,03$
	$\langle N_{\pi^+}^s \rangle$	$0,22 \pm 0,03$	$0,21 \pm 0,01$
	$\langle N_{\pi^-}^s \rangle$	$0,24 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,01$
$\tilde{\nu}_\mu$	$\langle N_\pi \rangle$	$1,5 \pm 0,3$	$1,54 \pm 0,11$
	$\langle N_p \rangle$	$2,14 \pm 0,40$	$0,39 \pm 0,04$
	$\langle N_{\pi^+}^s \rangle$	$0,07 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,02$
	$\langle N_{\pi^-}^s \rangle$	$0,3 \pm 0,1$	$0,21 \pm 0,03$

В табл. 2 средние множественности: $\langle N_\pi \rangle$ — для адронов (исключая идентифицированные протоны); $\langle N_p \rangle$ — для идентифицированных протонов; $\langle N_{\pi^\pm}^s \rangle$ — для π^\pm -мезонов с импульсами $p_\pi \leq 0,25$ ГэВ/с.

На рис. 3 представлена зависимость между импульсом нуклона и переменной x и приведены предсказания модели [7, 8].

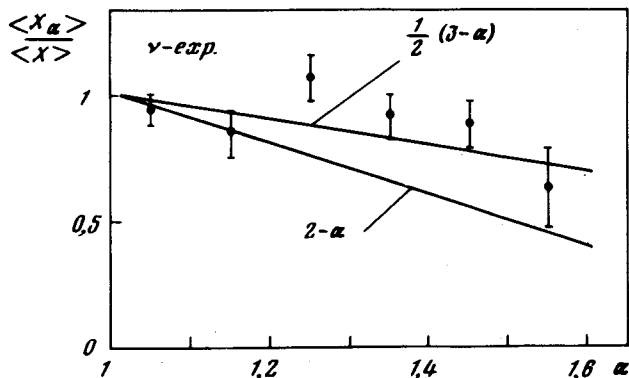


Рис. 3. Зависимость $\langle x_\alpha \rangle / \langle x \rangle$ от переменной α

В заключение отметим, что в нейтринных экспериментах не наблюдается резкого подавления выхода кумулятивных протонов по сравнению с адронными экспериментами. Относительный выход таких протонов в $\nu_\mu N$ -событиях несколько больше, чем в $\bar{\nu}_\mu N$ -событиях (табл. 1). Множественность $\langle N_\pi \rangle$ в реакциях с кумулятивными протонами в пределах экспериментальных ошибок совпадает со средней множественностью для обычных процессов (табл. 2). Наблюдается угловая асимметрия параметра $B(\theta)$ (рис. 2) и слабая корреляция переменной x от импульса кумулятивного протона (рис. 3). Перечисленные факты противоречат гипотезам [5, 6]. В $\nu_\mu N$ - и $\bar{\nu}_\mu N$ -событиях с кумулятивным протоном наблюдается одинаковый избыточный выход идентифицированных протонов (0,75 протона/ событие). Избыточный выход протонов, а также наблюдаемая x - α -корреляция в рамках гипотезы [7] указывают на большой вклад в механизм процесса трехнуклонной корреляции. Совпадение множественности $\langle N_{\pi^+}^s \rangle$ и увеличение величины $\langle N_{\pi^-}^s \rangle$ в событиях с кумулятивными протонами (табл. 2), по-видимому, свидетельствует о том, что процесс захвата вторичных π^\pm -мезонов парой нуклонов в ядре (как механизм образования кумулятивных нуклонов) подавлен. Наблюдаемое увеличение выхода медленных π^- -мезонов не предсказывалось ни одной из обсуждаемых теоретических схем [5 — 8].

Авторы выражают свою глубокую признательность Л.Д.Соловьеву, Н.Е.Тюрину и С.П.Денисову за постоянный интерес и поддержку нейтринных исследований на камере СКАТ, М.И.Стрикману, Л.Л.Франкфурту за обсуждение работы, коллективам камеры СКАТ, нейтринного канала, фотолaborатории и отдела обработки за помощь в проведении эксперимента.

Литература

- [1] G.A.Leksin. Proc. of the XVIII Int. Conf. on High Energy Physics, Dubna, 1977.
 - [2] М.Г.Горнов и др. ЯФ, 26, 606, 1977.
 - [3] K.V.Alanakyun et al. Yerevan Phys. Inst. Report No 174, 1976 and No 221, 1977.
 - [4] J.P.Berge et al. Phys. Rev., D18, 1367, 1978.
 - [5] R.D.Amade, R.H.Woloshyn. Phys. Rev. Lett., 36, 1435, 1976.
 - [6] H.J.Weber, L.D.Miller. Phys. Rev., C16, 726, 1977.
 - [7] L.L.Frankfurt, M.I.Strikman. Phys. Lett., 69B, 93, 1977.
 - [8] М.И.Стрикман, Л.Л.Франкфурт. XIII школа ЛИЯФ, 1978, стр. 139.
 - [9] Е.П.Кузнецов и др. Препринт ОИЯИ 10-4269, Дубна, 1968; Препринт ИФВЭ 71-75, Серпухов, 1971.
 - [10] Д.Г.Баратов и др. Препринт ИФВЭ 76-84, Серпухов, 1976.
 - [11] D.S.Baranov et al. Phys. Lett., 76B, 336, 1978; Neutrino 77, 11, М., " Nauka", 1978, p. 113; Preprint ИИЕР 77-125, Serpukhov, 1977.
-