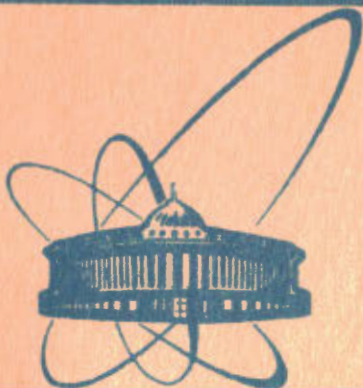


2/11/84



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P1-84-235

Г.Н.Агакишиев¹, Д.Армутлийски, Н.О.Ахабабян,
Е.Бартке, Р.Н.Бекмирзаев², Е.Богданович,
А.П.Гаспарян, В.Г.Гришин, Л.А.Диденко,
Л.И.Журавлева, И.А.Ивановская, Т.Канарек,
Е.Н.Кладницкая, М.Ковальски, Д.К.Копылова,
В.Б.Любимов, З.В.Метревели³, Р.Р.Мехтиев¹,
В.Ф.Никитина, В.М.Попова⁴, М.И.Соловьев,
А.Н.Соломин⁴, Г.П.Тонева⁴, А.П.Чеплаков,
Л.М.Щеглова⁴

**СВОЙСТВА КУМУЛЯТИВНЫХ АДРОНОВ
В pC- ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 10 ГэВ/с,
СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ИСПУСКАНИЕМ
КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ ИЛИ ПИОНОВ**

¹ ИФ АН АзССР, Баку

² Самаркандский государственный университет

³ ИФВЭ ТГУ, Тбилиси

⁴ НИИЯФ МГУ, Москва

1. ВВЕДЕНИЕ, МЕТОДИКА

В работе исследовались свойства вторичных адронов, испущенных в заднюю полусферу /ЗП/ лабораторной системы координат /л.с.к./ в кумулятивных рС-взаимодействиях при $P_p = 10$ ГэВ/с. Взаимодействия отбирались либо по наличию в них хотя бы одного протона, испущенного в интервал телесных углов с $\theta \geq 135^\circ / \theta$ - угол испускания адрона в л.с.к./ и имеющего кумулятивное число $\beta_p^\circ \geq 1,2$ /"триггерные" протоны, т.е. протоны, по которым регистрировались взаимодействия/, либо π^\pm -мезона с $\beta_\pi^\circ \geq 0,4$, испущенного в тот же интервал телесных углов /"триггерные" π -мезоны/. Здесь $\beta^\circ = (E - P \cos \theta) / m_N$ - кумулятивное число рассматриваемого адрона /E, P - его полная энергия и импульс в л.с.к., m_N - масса нуклона/. Взаимодействия, отобранные по "триггерному" протону, будем называть "протонными" кумулятивными взаимодействиями /ПКВ/, по "триггерному" π -мезону - "мезонными" кумулятивными взаимодействиями /МКВ/. В событиях типа ПКВ изучены инвариантные инклюзивные сечения образования π -мезонов, испущенных в ЗП л.с.к. /назовем их "непохожими" адронами/, получены данные об их множественностях. В МКВ изучались свойства протонов, испущенных в ЗП л.с.к. /"непохожие" адроны для этого типа событий/. Кроме того, исследованы структурные функции как всех "триггерных" адронов, так и "триггерных" адронов для событий, в которых были зарегистрированы "непохожие" кумулятивные адроны.

Использованный в работе подход эквивалентен анализу дважды-инклюзивных распределений кумулятивных адронов и в целом дает информацию о малоизученном вопросе о корреляционных явлениях в процессах кумулятивного рождения мезонов и барионов.

Получены также соотношения между множественностями образующихся кумулятивных заряженных мезонов разных знаков. Эти результаты дают сведения о структуре распределений различных кварков в ядре.

Все результаты получены на снимках с 2-метровой пропановой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, облученной пучком протонов с импульсом 10 ГэВ/с на синхрофазотроне ЛВЭ. Подробности отбора событий изложены в нашей работе^{/1/}. Проведено сравнение полученных результатов с данными по π -С-взаимодействиям при 40 ГэВ/с. Такое сравнение результатов исследования кумулятивных взаимодействий, различающихся по значениям инвариантных удельных энергий (ϵ) в ~ 29 раз, позволяет получить более детальную информацию о масштабных эффектах, обнаруженных при исследовании инклюзивных спектров кумулятивных

адронов ($\epsilon = (P_1 \cdot P_2) / m_1 m_2$, где P_1 и P_2 - 4-импульсы сталкивающихся объектов, m_1 и m_2 - их массы/.

В работе приводятся также первые результаты исследования рС-взаимодействий при 10 ГэВ/с, сопровождающихся испусканием в ЗП л.с.к. γ -квантов /"триггерные" γ -кванты/*. По крайней мере для случаев с энергичными γ -квантами /с $E_\gamma \geq m_{\pi^0}$ / - это отбор событий, сопровождающихся испусканием в ЗП л.с.к. π^0 -мезонов /при условии, что источником γ -квантов являются только π^0 -мезоны/. Методика обработки γ -квантов опубликована в /2/. Изучены инвариантные инклюзивные сечения образования "триггерных" γ -квантов и полученные данные о свойствах протонов и заряженных мезонов, испущенных из этих взаимодействий в ЗП л.с.к. /свойства "непохожих" адронов/.

Использованная в работе статистика взаимодействий всех указанных типов приведена в табл. 1 и 2.

2. ИНВАРИАНТНЫЕ ИНКЛЮЗИВНЫЕ СЕЧЕНИЯ

Инвариантные инклюзивные сечения образования всех рассматриваемых адронов исследовались в функции переменной β^0 /см. введение/. На рис.1 приведены соответствующие распределения для всех "триггерных" адронов /протонов, π -мезонов и γ -квантов/, на рис.2 - распределения "триггерных" адронов для событий, в которых наблюдался дополнительно хотя бы один кумулятивный "непохожий" адрон. В случае МКВ / γ КВ/ это протоны с $\beta^0 \geq 1,2$, для событий типа ПКВ / γ КВ/ были взяты π -мезоны с $\beta^0 \geq 0,4$. Примеры спектров "непохожих" адронов, испущенных в ЗП л.с.к., приведены на рис.3 / π^\pm -мезоны для ПКВ и протоны для МКВ/. Видно, что все распределения имеют приблизительно экспоненциальный вид:

$$E \frac{d^3\sigma}{dp^3} \approx \exp(-b\beta^0) \quad /1/$$

с показателями наклона / b /, близкими к универсальному наклону $b_0 = 1/\langle\beta^0\rangle$, где $\langle\beta^0\rangle = 0,14$ - параметр, характеризующий инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятивных адронов в широком диапазоне первичных энергий /см., например, /3//. На рис.1-3 соответствующие распределения показаны в виде прямых. Однако детальные исследования полученных спектров обнаруживают различия в значениях параметров наклона распределений для разных групп кумулятивных адронов. Рассмотрим эти результаты. В табл.1 приведены значения параметров наклона / b /, полученные при аппроксимации выражением вида /1/ инвариантных ин-

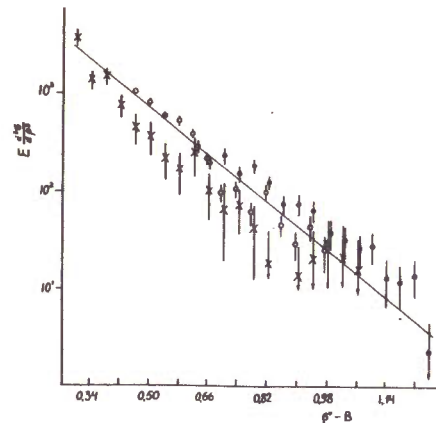


Рис.1. Инвариантные инклюзивные сечения образования всех "триггерных" адронов /о - протонов, • - мезонов, х - γ -квантов/ в функции $\beta^0 - B$, где β^0 - кумулятивное число рассматриваемого адрона, B - его барионное число. Плавная кривая - экспонента с универсальным наклоном /см. текст/.

Рис.3. Инвариантные инклюзивные сечения образования π^\pm -мезонов, испущенных в заднюю полусферу л.с.к. из событий типа ПКВ /точки •/, и протонов, испущенных в заднюю полусферу л.с.к. из событий типа МКВ /точки о/. Плавная кривая - экспонента с универсальным наклоном.

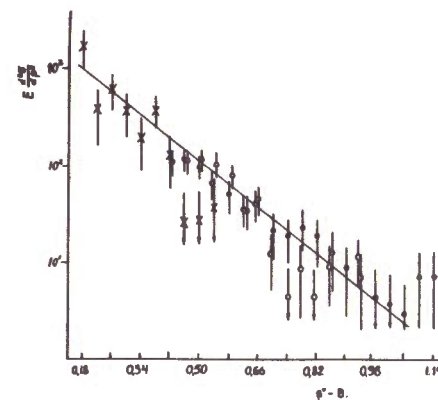
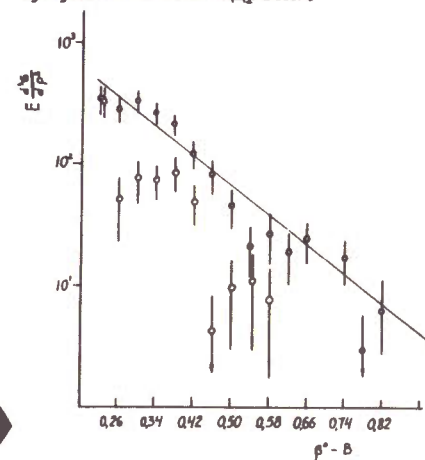


Рис.2. То же, что и на рис.1, но только для "триггерных" адронов из событий, сопровождающихся испусканием дополнительного "непохожего" кумулятивного адрона.



клюзивных сечений образования всех "триггерных" адронов /протонов - $p_{тр.}$, π^\pm -мезонов - $\pi_{тр.}$, γ -квантов - $\gamma_{тр.}$ / и "триггерных" адронов в событиях, сопровождающихся испусканием либо π^\pm -мезона с $\beta^0 \geq 0,4$ /ПКВ/, либо протона с $\beta^0 \geq 1,2$ /МКВ и γ КВ/. В этой же таблице указана статистика имеющихся событий, интервал значений β^0 , в котором производилась аппроксимация и полученные при этом значения $\chi^2/ст.своб.$ Из табл. 1 видно, что значения параметров наклона для всех "триггерных" адронов в пределах ошибок совпадают со значениями параметров наклона

* Будем называть эти события условно γ КВ,

Таблица 1
Значения параметров наклона b для "триггерных" адронов

Тип взаимод.	ПКВ		МКВ		γ КВ	
	Все	$p_{\text{тр.}}$ в событ. с π^{\pm} $/\beta^{\circ} \geq 0,4/$	Все	$\pi_{\text{тр.}}$ в событ с p $/\beta^{\circ} \geq 1,2/$	Все	$\gamma_{\text{тр.}}$ в событ. с p $/\beta^{\circ} \geq 1,2/$
Статистика	971	126	557	94	463	64
Интервал по β°	1,46 \div 1,98	1,46 \div 1,94	0,62 \div 1,26	0,50 \div 1,14	0,30 \div 1,06	0,18 \div 0,54
b	8,1 \pm 0,4	9,2 \pm 1,0	5,9 \pm 0,3	5,5 \pm 0,8	10,0 \pm 0,7	9,2 \pm 1,4
$\chi^2/\text{ст.своб.}$	25/12	13,1/11	19,5/15	3,8/15	14,7/18	5,1/8

для "триггерных" адронов в событиях, которые дополнительно сопровождаются испусканием хотя бы одного "непохожего" кумулятивного адрона. Таким образом, испускание кумулятивных протонов никак не сказывается на спектрах кумулятивных π -мезонов, и наоборот.

Из данных табл. 1 также следует, что параметры наклона в распределениях по β° инвариантных инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов больше параметров наклона соответствующих распределений для заряженных пионов. Последнее подтверждается также результатами для параметров наклона спектров протонов, испущенных в ЗП л.с.к. из событий типа МКВ, γ КВ и заряженных пионов в ЗП л.с.к. из ПКВ и γ КВ. Эти данные приведены в табл.2. В этой же таблице, как и в табл.1, приведены статистика имеющих событий, интервал по переменной β° , в которой производилась аппроксимация, и полученные при этом значения $\chi^2/\text{ст.своб.}$

Для сравнения в табл.3 приведены данные для параметров наклона (b) в распределениях по β° инвариантных инклюзивных сечений образования "непохожих" адронов, испущенных в ЗП л.с.к. из π^- С-взаимодействий при 40 ГэВ/с. Эти события отбирались точно по таким же критериям, что и p С-столкновения при 10 ГэВ/с. Видно, что в пределах экспериментальных ошибок данные по параметрам наклона спектров "непохожих" адронов в p С-взаимодействиях /табл.2/ и π^- С-столкновениях совпадают.

Таблица 2
Значение параметров наклона b для "непохожих" адронов, испущенных в ЗП л.с.к.

Тип взаимо- действия	ПКВ		МКВ		γ КВ	
	π^{\pm} в ЗП	p в ЗП	π^{\pm} в ЗП	p в ЗП	π^{\pm} в ЗП	p в ЗП
Статистика	195		177		84	142
Интервал по β°	0,22 \div 0,82		1,14 \div 1,58		0,22 \div 0,74	1,14 \div 1,50
b	8,0 \pm 0,6		12,2 \pm 1,2		9,5 \pm 1,0	12,3 \pm 1,3
$\chi^2/\text{ст.своб.}$	18,2/13		20,9/10		8,2/12	8,2/8

Таблица 3
Значения параметров наклона b для "непохожих" адронов, испущенных в ЗП л.с.к. из π^- С-взаимодействий при 40 ГэВ/с

Тип взаимо- действия	ПКВ / π^{\pm} в ЗП/		МКВ / p в ЗП/	
	Статистика	294		253
Интервал по β°	0,26 \div 1,22		1,22 \div 1,78	
b	7,6 \pm 0,4		12,6 \pm 0,8	
$\chi^2/\text{ст.своб.}$	20/23		12,2/13	

3. МНОЖЕСТВЕННОСТИ

Результаты по средней множественности "непохожих" пионов, испущенных в ЗП л.с.к. из p С-взаимодействий разного типа, приведены в табл.4 вместе с имеющимися данными для π^- С-взаимодействий при 40 ГэВ/с. Для событий типа МКВ средние множественности "непохожих" заряженных пионов получены путем суммирования средних множественностей π^- -мезонов в событиях типа π^+ КВ и множественностей π^+ -мезонов в π^- КВ. Множественность π^0 -мезонов найдена по полному числу γ -квантов, испущенных в ЗП л.с.к., определенному с учетом эффективности их регистрации.

таблица 4
Средние множественности "непохожих" пионов, испущенных в ЗП л.с.к.

"Непохожие" пионы	Взаимодействия	МКВ	ПКВ	γКВ
π^\pm	pC	0,31 \pm 0,05	0,21 \pm 0,02	0,28 \pm 0,03
	π^- C	0,25 \pm 0,04	0,21 \pm 0,03	-
π^0	pC	0,12 \pm 0,04	0,16 \pm 0,04	-

Таблица 5
Средние множественности протонов, испущенных в ЗП л.с.к.

Взаимодействие	π^+ КВ	π^- КВ	γКВ
\bar{p}	0,46 \pm 0,05	0,38 \pm 0,05	0,48 \pm 0,04

Из табл.4 видно, что средние множественности "непохожих" адронов, испущенных в ЗП из кумулятивных взаимодействий разного типа, близки друг к другу и совпадают в пределах ошибок с результатами, полученными для π^- C-взаимодействий при 40 ГэВ/с. Таким образом, рождение кумулятивного π^\pm -мезона не приводит к увеличению множественности пионов, испущенных в ЗП, по сравнению с ПКВ. Множественность π^0 -мезонов приблизительно вдвое меньше множественности заряженных пионов. Так, например, средняя множественность "непохожих" заряженных пионов, испущенных в ЗП л.с.к. во всех рассмотренных pC-взаимодействиях, взятых в совокупности, равна $\bar{n}_{\pi^\pm} = 0,27 \pm 0,03$, нейтральных $\bar{n}_{\pi^0} = 0,14 \pm 0,03$. Данные по средней множественности протонов, испущенных в ЗП л.с.к. из pC-взаимодействий разного типа, приведены в табл.5. Как видно, множественность протонов, испущенных в ЗП л.с.к., не зависит от типа взаимодействия.

4. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЗАРЯЖЕННЫМИ КУМУЛЯТИВНЫМИ ПИОНАМИ РАЗНЫХ ЗНАКОВ

Отношение (R) числа образующихся в pC-взаимодействиях π^+ -мезонов к числу π^- -мезонов, испущенных в интервал телесных углов с $\theta \geq 135^\circ$ и имеющих $\beta^0 \geq 0,4$, оказалось равным $R(pC) = 1,23 \pm 0,10$ и совпало в пределах экспериментальных ошибок с ре-

зультатом, полученным для π^- C-взаимодействий при 40 ГэВ/с при тех же условиях отбора событий: $R(\pi^-C) = 1,20 \pm 0,09$. Отметим, что превышение числа кумулятивных π^+ -мезонов над числом π^- -мезонов наблюдается и при несколько меньших энергиях. Так, по совокупности имеющихся в рамках Сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры данных по pC-, dC-, cC-столкновениям при 4,2 ГэВ/с. нуклон /при аналогичных условиях отбора событий по "триггерным" адронам/ для отношения R получается значение: $1,4 \pm 0,2$. Для более точного определения R необходимо увеличение статистики событий.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ, ВЫВОДЫ

В pC-взаимодействиях при 10 ГэВ/с, отобранных по наличию в них испущенного в интервал телесных углов с $\theta \geq 135^\circ$ протона с кумулятивным числом $\beta^0 \geq 1,2$, либо π^\pm -мезона с $\beta^0 \geq 0,4$ /"триггерные" адроны/ изучены инвариантные инклюзивные сечения образования как самих "триггерных" адронов, так и сопутствующих им адронов, испущенных в полный интервал телесных углов ЗП л.с.к. Эти распределения в функции переменной β^0 имеют приблизительно экспоненциальный вид ($\sim \exp(-b\beta^0)$). Из результатов, полученных для значений показателей наклона /b/ спектров "триггерных" протонов /пионов/ и сопутствующих им кумулятивных пионов /протонов/, можно сделать вывод о том, что присутствие кумулятивного пиона в рассматриваемых взаимодействиях не сказывается на спектрах кумулятивных протонов. Все это означает независимость процесса испускания кумулятивных протонов от процесса испускания кумулятивных пионов. Аналогичный вывод для π^- C-взаимодействий при 40 ГэВ/с был получен нами ранее /4/.

Кроме того, получены указания на различие показателей наклона структурных функций для протонов и π^- -мезонов, что свидетельствует о разных механизмах их образования. Инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятивных протонов имеют показатель наклона /b/, как правило, больше показателя наклона для кумулятивных пионов в одних и тех же интервалах по переменной $Q = \beta^0 - V / V$ - барионное число кумулятивного адрона/.

Получены данные о поведении инвариантных инклюзивных сечений образований γ -квантов /в ЗП л.с.к./ в зависимости от переменной β^0 /кумулятивное число γ -кванта/. В силу аддитивности переменной β^0 эти распределения непосредственно отражают форму инвариантных инклюзивных сечений образования π^0 -мезонов. Полученные распределения имеют экспоненциальный вид. Анализ инвариантных инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов и π^\pm -мезонов в событиях, имеющих γ -кванты в ЗП л.с.к., подтвердил отмеченные выше выводы, относящиеся к изучению взаимодействий, сопровождающихся испусканием заряженных кумулятивных адронов.

Полученные результаты по средним множественностям "непохожих" адронов, испущенных в ЗП л.с.к, которые оказались не зависящими от типа рассматриваемых кумулятивных взаимодействий, позволяют, в частности, сделать вывод о том, что рождение кумулятивного пиона не связано с тривиальным фактором увеличения общей множественности π^\pm -мезонов в ЗП л.с.к.

Наблюдается превышение числа образующихся в рС-взаимодействиях при 10 ГэВ/с кумулятивных π^+ -мезонов над числом кумулятивных π^- -мезонов приблизительно на 20%. Этот факт, как и все результаты, полученные в настоящей работе, согласуется с соответствующими данными для π^- -С-взаимодействий при 40 ГэВ/с. Таким образом, масштабные эффекты, обнаруженные в свое время при изучении инклюзивных спектров кумулятивных адронов, в значительной степени относятся и к свойствам самих кумулятивных взаимодействий.

Авторы благодарны Н.В.Матасовой, Т.А.Журавлевой, Л.И.Аверьяновой, проделавшим большую работу по получению окончательной экспериментальной информации по кумулятивным рС-взаимодействиям, а также всем товарищам, принимавшим участие в просмотре снимков и отборе событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, Р1-83-327, Дубна, 1983.
2. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, Р1-6928, Дубна, 1973; ЯФ, 1973, т. 17, с. 1235.
3. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Е1-82-472, Дубна, 1982.
4. Любимов В.Б. и др. ОИЯИ, Р1-82-363, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 апреля 1984 года.

Агакишиев Г.Н. и др. Р1-84-235
Свойства кумулятивных адронов в рС-взаимодействиях при 10 ГэВ/с,
сопровождающихся испусканием кумулятивных протонов или пионов

При помощи снимков с 2-метровой пропановой камеры ЛВЗ ОИЯИ в рС-взаимодействиях, отобранных по наличию в них кумулятивного пиона или протона, изучены инвариантные инклюзивные сечения образования этих адронов в зависимости от их кумулятивного числа. Проанализированы также спектры сопутствующих пионов и протонов, испущенных в заднюю полусферу /ЗП/ л.с.к. В этих же переменных исследовано поведение инвариантных инклюзивных сечений образования γ -квантов, испущенных из рС-взаимодействий в ЗП л.с.к, которые непосредственно отражают спектры π^0 -мезонов. Сделан вывод о независимости процессов испускания кумулятивных протонов и пионов. Получены указания на превышение числа образующихся в рС-столкновениях кумулятивных π^+ -мезонов над числом π^- -мезонов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой.

Agakishiev G.N. et al. P1-84-235
Cumulative Hadron Properties in pC-Interactions at 10 GeV/c,
Accompanied by the Emission of Cumulative Protons or Pions

By using photographs from the JINR 2m propane chamber in pC-interactions selected by the presence in them of a cumulative pion or proton invariant inclusive cross sections of these hadrons production as a function of their cumulative number are investigated. Spectra of corresponding pions and protons emitted into back hemisphere (BH) l.c.s. are also analysed. The behaviour of invariant inclusive cross sections of γ -quanta production emitted out of pC-interactions into BH l.c.s. which directly reflect spectra of π^0 -mesons is investigated in the same variables. A conclusion as to the independence of the processes of cumulative proton and pion emission is drawn. The indications to the excess of a number of cumulative π^+ -mesons produced in pC-collisions over π^- -meson number are obtained.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984