

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

M 554

P1-88-760

Р.Р.Мехтиев*, А.П.Чеплаков

АНАЛИЗ СПЕКТРОВ ПОПЕРЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
В СОУДАРЕНИЯХ
ЛЕГКИХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

* Институт физики АН АзССР, Баку

1988

Большой интерес вызывают в последнее время данные экспериментов на ускорителе CERN SPS о спектрах полной поперечной энергии вторичных частиц в ядро-ядерных соударениях. В ряде работ наблюдение событий с большими значениями E_T^{TOT} рассматривается ^{/1/} как сигнал о фазовом переходе адронной материи в состояние кварк-глюонной плазмы. С другой стороны, анализ E_T^{TOT} -спектров дает информацию о применимости моделей глауберовского типа, основанных на суперпозиции независимых взаимодействий адронов ^{/2/}.

Спектры полной поперечной энергии вторичных заряженных частиц изучались нами во взаимодействиях протонов, ядер дейтерия, гелия и углерода с ядрами углерода и в углерод-танталовых соударениях при 4,2-А ГэВ/с. Экспериментальный материал был получен с помощью 2-метровой пропановой камеры на дубненском синхрофазотроне. В найденных на снимках неупругих ядро-ядерных соударениях измерялись все треки заряженных частиц. Полная поперечная

энергия вычислялась по формуле
$$E_T^{TOT} = \sum_1^{n_{ch}} E_T^i = \sum_1^{n_{ch}} (\sqrt{p_{iT}^2 + m_i^2} - m_i),$$

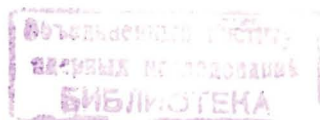
где p_{iT} , m_i — поперечный импульс и масса частицы. Из анализа исключались фрагменты ядра-мишени (испарительные протоны) и спектаторные стриппинговые фрагменты налетающего ядра. Методические вопросы обработки событий, выделения взаимодействий налетающих ядер с ядрами углерода подробно изложены в других работах, см., например, ^{/3/}.

В таблице приведены использованная статистика и средние величины: множественности вторичных заряженных частиц (без спектаторов) $\langle n_{ch} \rangle$, число взаимодействующих протонов $\langle N_p \rangle$, поперечной энергии заряженной частицы $\langle E_T^i \rangle$ и полной поперечной энергии в событии $\langle E_T^{TOT} \rangle$.

Таблица

	pC	dC	α C	CC	CC _{МН}
Число событий *	3597	5106	1987	4216	1400
$\langle n_{ch} \rangle$	2,45±0,02	3,17±0,02	4,92±0,05	6,52±0,05	14,0±0,1
$\langle N_p \rangle$	1,83±0,02	1,95±0,08	3,06±0,10	4,32±0,07	8,92±0,05
$\langle E_T^i \rangle$, МэВ	150	160	170	170	180
$\langle E_T^{TOT} \rangle$, МэВ	380±10	490±10	830±20	1050±30	2380±50

* С учетом веса для неразделенных (водород-углерод) событий.



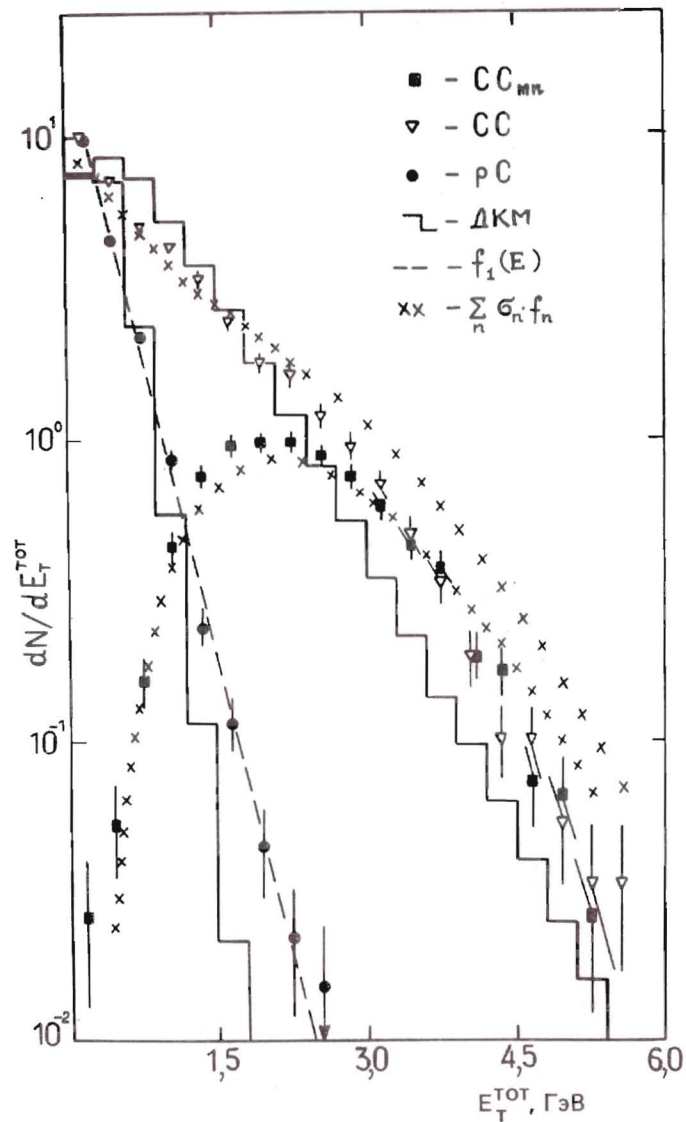


Рис.1. Распределения по полной поперечной энергии в неупругих рС-, СС- и СС-многонуклонных взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон. Гистограмма — расчет по каскадной модели /5/, крестики — модель независимых соударений /6/ на основе аппроксимации рС-данных (пунктур).

Видно, что с ростом атомного веса налетающего ядра растет как средняя множественность заряженных частиц, так и их полная поперечная энергия. Наклоны инклюзивных спектров по E_T^1 , имеющих экспоненциальный вид, слабо меняются для разных налетающих ядер.

На рис.1 приводятся экспериментальные распределения по полной поперечной энергии для неупругих рС-, СС- и СС-многонуклонных взаимодействий. Многонуклонные взаимодействия ядер углерода отбирались при специальном просмотре /4/, они составляют ~20% неупругого сечения $\sigma_{CC}^{inel} = (790 \pm 50)$ мб. Гистограмма на рис.1 — расчет по дубненской каскадной модели (ДКМ) К.Гудимы и В.Тонеева /5/. Для наглядности распределения нормированы на единицу в первом интервале. В использованной версии каскадной модели не учтены близкие нуклон-нуклонные корреляции. Тем не менее, согласие с моделью в целом удовлетворительное.

Распределение по E_T^{TOT} можно также попытаться получить, используя расчеты по модели многократного рассеяния /6/:

$$dN^{AB}/dE_T^{TOT} = \sum_{n=1}^A \sigma_n \cdot f_n(E_T^{TOT}). \quad (1)$$

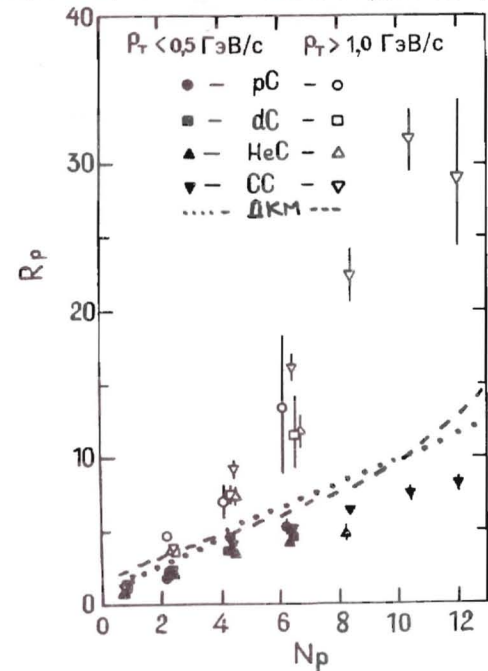
Здесь σ_n — вероятность взаимодействия n нуклонов налетающего ядра, вычисляемая в модели, а $f_n(E_T^{TOT})$ — вероятность наблюдения E_T^{TOT} в n независимых рС-взаимодействиях. Аналогично /7/, рС-спектр аппроксимировался с помощью гамма-функции формулой:

$$f_1(E) = [\alpha / \Gamma(p)] (\alpha E)^{p-1} \exp(-\alpha E),$$

где $\alpha = (3,3 \pm 0,2)$ ГэВ⁻¹, $p = 2,24 \pm 0,07$, $\chi^2_{ст.св.} = 1,5$. Результат такой аппроксимации представлен на рис.1 пунктиром. Крестиками показаны расчеты (1)

с использованием полученных параметров α , p и взятых из модели вероятностей σ_n . Удовлетворительное согласие расчетов и эксперимента наблюдается для всех пар сталкивающихся ядер, в том числе и для СС-многонуклонных соударений. Это указывает на отсутствие заметного вклада каких-либо нетривиальных механизмов в соударениях легких релятивистских ядер.

Рис.2. Зависимость нормированных средних множественностей протонов с разными поперечными импульсами от числа взаимодействующих протонов N_p . Величины средних множественностей при определенном N_p поделены на соответствующие значения при минимальном $N_p^{min} = 0$. Пунктур и точки — расчет по ДКМ.



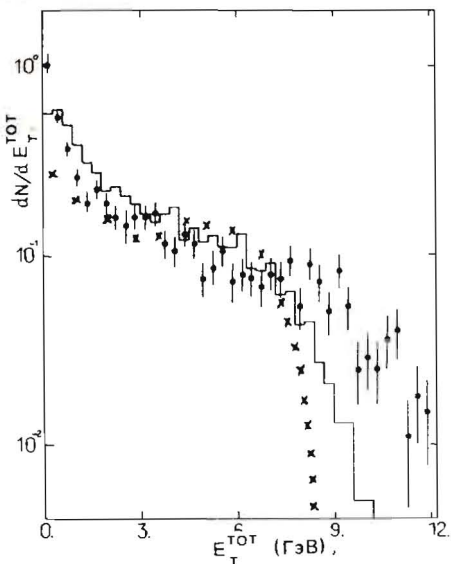
Тем не менее, определенные надежды на возможность наблюдения "экзотики" дают данные, показанные на рис.2. Здесь представлена зависимость от числа взаимодействующих протонов, N_p , сталкивающихся ядер роста, R_p , средней множественности протонов с большим поперечным импульсом. Величина R_p является отношением средних множественностей при определенном N_p к соответствующей величине при минимальном $N_p = 0$. Значение N_p прямо пропорционально величине E_T^{TOT} в событии.

При изменении в неупругих СС-взаимодействиях величины N_p от 0 до 12 ($\langle E_T^{TOT} \rangle$ при этом меняется от 1,2 ГэВ до 11,9 ГэВ) средняя множественность протонов с $p_T < 0,5$ ГэВ/с увеличивается в 8 раз (от 0,7 до 5,4), а для $p_T > 1$ ГэВ/с — в 30 раз (от 0,03 до 0,9). В каскадной модели (пунктир и точки) различий в поведении средних множественностей протонов с большими и малыми поперечными импульсами не видно.

Таким образом, с ростом полной поперечной энергии все более значительный вклад в величину E_T^{TOT} дают отдельные энергичные частицы с большими p_T . Это может служить указанием на нетривиальный характер механизма испускания протонов.

Аналогичная картина повторяется также и для СТА-соударений при 4,2 А ГэВ/с, для которых спектр по E_T^{TOT} приведен на рис.3 (гистограмма — расчет ДКМ, крестики — модель многократного рассеяния). В эксперименте виден также более быстрый рост средней множественности протонов с $p_T > 1,5$ ГэВ/с. Эти данные ^{/4/} согласуются с известными результатами группы Кронина ^{/8/} по наблюдению аномальной А-зависимости в образовании адронов с большими поперечными импульсами.

На рис.4 представлены спектры полной поперечной энергии в (p, d, He, C) + С-взаимодействиях в зависимости от величины $z = E_T^{TOT} / \langle E_T^{TOT} \rangle$ — аналога KNO-переменной для распределений по множественности.

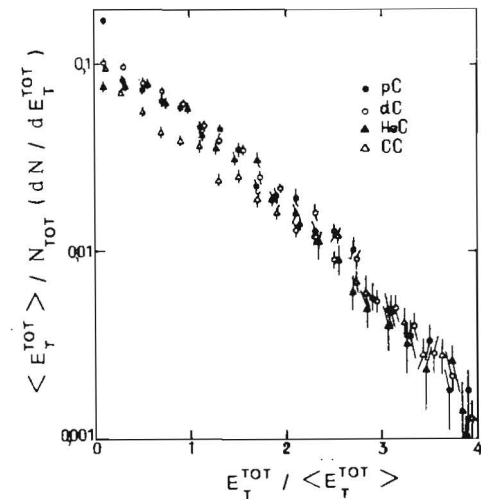


Видно, что распределения для различных налетающих ядер подобны. Ранее ^{/7/} такой эффект наблюдался в соударениях протонов и легких ядер при энергиях ISR.

Одной из важных характеристик процесса взаимодействия релятивистских ядер является до-

Рис.3. Распределение по полной поперечной энергии в СТА-взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон. Гистограмма — расчет по ДКМ, крестики — модель независимых взаимодействий.

Рис.4. Распределения по KNO-переменной $E_T^{TOT} / \langle E_T^{TOT} \rangle$ в (p, d, He, C) + С-соударениях.



стигнутая плотность энергии. Ее величину можно оценить, согласно Й.Бьёркену ^{/9/}, как и в других экспериментах ^{/1/}, основываясь на быстрых спектрах. В отдельных СС-многокучлонных соударениях плотность энергии достигает $\epsilon_{SS}^{max} \sim 0,8$ ГэВ/фм³, а в СТА-взаимодействиях $\sim 1,6$ ГэВ/фм³. В обоих случаях это ниже ожидаемого порога для фазового перехода в состояние кварк-глюонной плазмы.

В заключение авторы выражают благодарность коллегам по сотрудничеству на 2-метровой пропановой камере за полезные дискуссии и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bamberger A. et al. — *Phys.Lett.*, 1987, B184, p.271.
- Berthier B. et al. — *Phys.Lett.*, 1987, B193, p.417.
- Albrecht R. et al. — *Phys.Lett.*, 1987, B199, p.297.
- Schroeder L.S., Gyulassy H. — *Nucl.Phys.*, 1987, A461, p.1.
- Satz H. et al. — *Z.Phys.*, 1988, C38, p.3.
2. Ochiai T. — *Z.Phys.*, 1987, C35, p.209; *Prog.Theor.Phys.*, 1987, 78, p.741.
- Jackson A., Bogsild H. — *Nucl.Phys.*, 1987, A470, p.669.
- Capella A. et al. — *Phys.Rev.*, 1987, D35, p.2921.
- Ftačnik J. et al. — *Phys.Lett.*, 1987, B188, p.279.
- Ranft J. — *Phys.Lett.*, 1987, B188, p.379.
3. Agakishiev H.N. et al. *JINR*, 1-82-662, Дубна, 1983.
4. Agakishiev H.N. et al. — *Z.Phys.*, 1983, C16, p.307.
5. Гудима К.К., Тонеев В.Д. ОИЯИ, P2-10431, Дубна, 1977; *ЯФ*, 1978, 27, с.658.
6. Гаспарян А.П. и др. — *ЯФ*, 1981, 34, с.1328.

7. Angelis A.L.S. et al. — *Phys.Lett.*, 1984, B141, p.140.
 8. Cronin J.W. et al. — *Phys.Rev.*, 1975, D11, p.3105.
 9. Bjorken J.D. — *Phys.Rev.*, 1983, D27, p.140.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
 15 ноября 1988 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.