



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ.

Дубна

P1-95-368

В.В.Белага, А.И.Бондаренко,  
Ш.А.Рустамова<sup>1</sup>, Г.М.Чернов

ОБНАРУЖЕНИЕ ПАРНЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ  
МЕЖДУ  $\alpha$ -ЧАСТИЦАМИ — ФРАГМЕНТАМИ  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Направлено в журнал «Ядерная физика»

---

<sup>1</sup>Институт ядерной физики АН Узбекистана, Ташкент

Белага В.В. и др.

Обнаружение парных корреляций

между  $\alpha$ -частицами — фрагментами релятивистских ядер

Обнаружены особенности в спектрах относительных углов и эффективных масс пар релятивистских  $\alpha$ -частиц из неупругих взаимодействий ядер  $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  и  $^{56}\text{Fe}$  в эмульсии при  $p_0 = 2,5\text{--}4,5$  ГэВ/с на нуклон.

Оценена доля  $\alpha$ -частиц — продуктов распада промежуточного ядра  $^8\text{Be}$  среди всех двухзарядных спектаторных фрагментов релятивистских ядер-снарядов — и характер ее  $A$ -зависимости.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Перевод авторов

Belaga V.V. et al.

P1-95-368

Evidence of Pair Correlations

Between  $\alpha$ -Particles — Fragments of Relativistic Nuclei

The peculiarities in distributions on the relative angles and effective masses of relativistic  $\alpha$ -particles from inelastic interactions of  $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  and  $^{56}\text{Fe}$  projectiles in emulsion at  $p_0 = 2.5\text{--}4.5$  GeV/c per nucleon have been discovered. The shares of  $\alpha$ -particles created from the decays of  $^8\text{Be}$  nuclei among all the twice-charged spectator fragments of relativistic projectile nuclei and the character of their  $A$ -dependence were evaluated.

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

Отсутствие энергетического порога регистрации заряженных осколков ядер, имеющих околосветовые скорости, и обусловленная этим обстоятельством возможность изучения процесса мультифрагментации релятивистских ядер-снарядов при малых передаваемых им 4-импульсах — делают изучение этих реакций крайне привлекательным для извлечения прямой экспериментальной информации о внутренней структуре ядер и виде уравнения состояния ядерного вещества. Весьма важен при этом вопрос о том, происходит ли формирование конечного состояния реакции мультифрагментации ядер «одномоментно» (механизм прямого распада) или растягивается во времени в результате серии последовательных распадов (каскадный механизм). Имеющаяся в настоящее время информация по этому вопросу для области релятивистских энергий фрагментирующих ядер крайне скудна и противоречива.

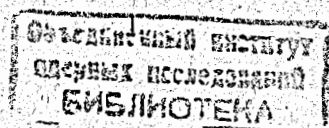
В настоящем сообщении представлены первые результаты поиска парных корреляций между релятивистскими  $\alpha$ -частицами — спектаторными фрагментами ядер-снарядов в реакциях



( $A$  — первичное ядро,  $Em$  (ядерная фотоэмульсия) — мишень,  $X \equiv$  «все остальное»). Мы использовали экспериментальные данные по  $AEm$ -соударениям, полученные в экспериментах с релятивистскими ядрами  $^{12}\text{C}$  ( $p_0 = 4,5A_{\text{C}}$  ГэВ/с) [1],  $^{14}\text{N}$  ( $p_0 = 2,9A_{\text{N}}$  ГэВ/с) [2],  $^{22}\text{Ne}$  ( $p_0 = 4,1A_{\text{Ne}}$  ГэВ/с) [3],  $^{24}\text{Mg}$  ( $p_0 = 4,5A_{\text{Mg}}$  ГэВ/с) [4],  $^{28}\text{Si}$  ( $p_0 = 4,5A_{\text{Si}}$  ГэВ/с) [5] и  $^{56}\text{Fe}$  ( $p_0 = 2,5A_{\text{Fe}}$  ГэВ/с) [6], ускоренными в Беркли (BNL) и Дубне (ЛВЭ ОИЯИ). Эксперименты [1—6] были выполнены в идентичных по методике условиях; фрагменты с зарядом  $z = 2$  (подавляющее большинство которых составляют  $\alpha$ -частицы) были идентифицированы в этих экспериментах с практически 100% эффективностью.

Полное число неупругих ядро-ядерных взаимодействий, измеренных и проанализированных в [1—6], составляет свыше 14 тыс. событий, эксперименты выполнялись в условиях  $4\pi$ -геометрии.

Для выяснения механизма фрагментации ядер в  $\alpha$ -частицы и, в частности, для получения ответа на вопрос о возможной роли «каскадного» протекания





распада (через образование промежуточного ядра  ${}^8\text{Be}$ ) мы рассмотрели распределения по относительным пространственным углам  $\theta_{ij}$  между импульсами  $i$ -й и  $j$ -й  $\alpha$ -частицы из реакции (1) и по эффективным массам  $M_{ij}^*$  каждой пары. Отметим, что одночастичные распределения фрагментов (например, по поперечным импульсам  $\alpha$ -частиц) оказываются нечувствительными к выбору между «прямым» и «каскадным» каналами мультифрагментации даже в простейшем случае эксклюзивной реакции  ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$  [7,8].

На рис.1а,б приведены распределения  $dN/dM_{ij}$  (просуммированные по всем ансамблям АЕт-соударений) и  $dN/d\theta_{ij}$  (для соударений  ${}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{22}\text{Ne}$ ,  ${}^{24}\text{Mg}$  и  ${}^{28}\text{Si}$  при близких первичных энергиях на нуклон). Отметим, что эти распределения не независимы, так как

$$M_{ij} \equiv M_{ij}^* - 2m = [2(m^2 + E_i E_j + p_i p_j \cos \theta_{ij})]^{1/2} - 2m \quad (2)$$

( $m$ ,  $E$ ,  $p$  — масса, полная энергия и импульс  $\alpha$ -частицы). На этом же рисунке представлены соответствующие фоновые распределения (кривые), полученные в результате «спаривания»  $\alpha$ -частиц из разных событий реакции (1), являющегося стандартной процедурой, используемой для сравнения данных со случаем полностью некоррелированной эмиссии частиц изучаемого типа.

Оба распределения рис.1 обнаруживают по крайней мере два статистически обеспеченных максимума при  $M_{ij} \rightarrow 0$  и  $M_{ij} \approx 3$  МэВ (или  $\theta_{ij} \approx 0,15$  и  $0,6-0,7$  град.). Их положение соответствует значениям, ожидаемым для продуктов распада нестабильного ядра  ${}^8\text{Be}$  в основном ( $0^+$ ) и первом возбужденном ( $2,9$  МэВ,  $2^+$ ) состояниях. Соответствие особенностей в распределении  $dN/d\theta_{ij}$  этой гипотезе подтверждается также расчетом, основанным на статисти-

ческой теории [9] образования и распада промежуточного  ${}^8\text{Be}$  в реакциях (1). Отметим также, что статистическая обеспеченность первого максимума имеет место в каждом из анализируемых наборов ядро-ядерных соударений; для второго максимума превышение над фоном на уровне  $\geq 2$  стандартных отклонений было зафиксировано в ансамблях соударений ядер  ${}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{22}\text{Ne}$ ,  ${}^{24}\text{Mg}$  и  ${}^{28}\text{Si}$ .

Для оценки доли релятивистских  $\alpha$ -частиц, являющихся продуктами распада промежуточного ядра  ${}^8\text{Be}$  в реакциях (1), среди всех спектаторных фрагментов с  $z=2$ , образующихся в результате фрагментации релятивистских ядер-снарядов в ядро-ядерных взаимодействиях, мы определили числа пар  $\alpha$ -частиц в области указанных на рис.2 максимумов, обеспечивающих избыток над фоновыми кривыми при нормировке последних к экспериментальным спектрам в областях  $M_{ij} > 4$  МэВ или  $\theta_{ij} > 1^\circ$  (последнее неравенство — для

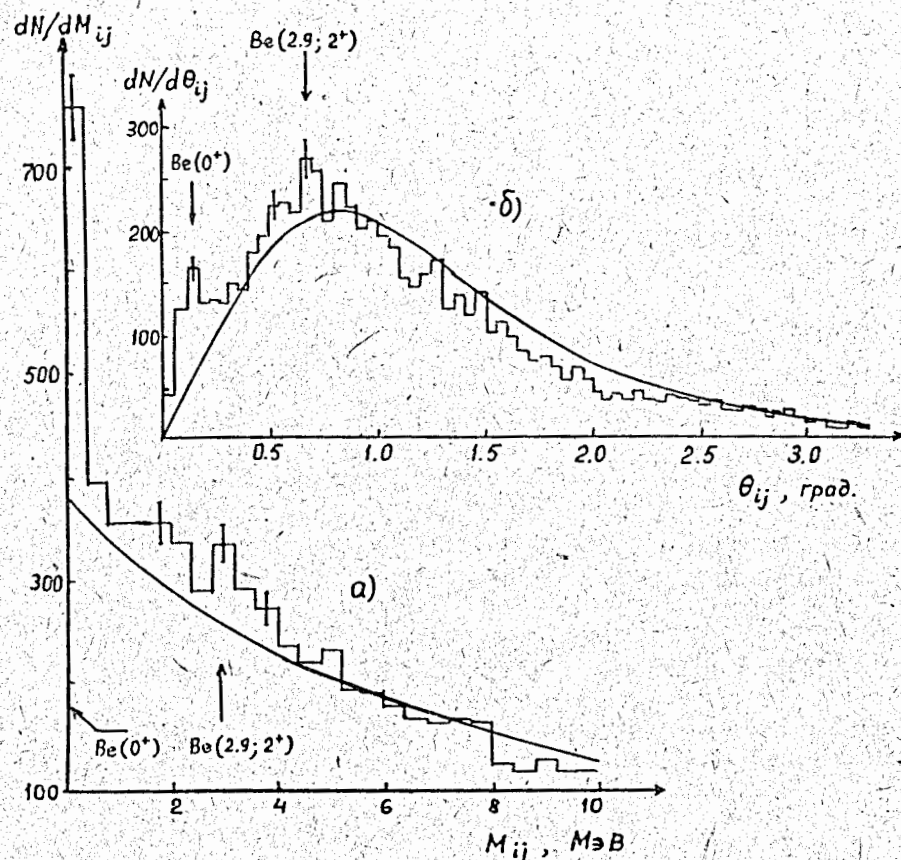


Рис.1. Распределение по  $M_{ij}$  (а) и  $\theta_{ij}$  (б) для суммарных наборов АЕт-соударений. Кривые — распределения для пар  $\alpha$ -частиц из разных событий («некоррелированный фон»). Стрелками показаны ожидаемые значения особенностей, обусловленные распадами  ${}^8\text{Be}$  в состояниях ( $0; 0^+$ ) и ( $2,9$  МэВ;  $2^+$ )

«дубненских» первичных энергий). Результаты оценки представлены на рис.2: среднее значение этой доли (для суммарного ансамбля реакций) составляет  $(10 \pm 1)\%$ .

Как видно из данных рис.2, значение этой доли слабо (или вовсе не) зависит от массового числа  $A$  фрагментирующего ядра-снаряда. Разумеется, точность сделанного утверждения не очень высока, к тому же мы склонны считать полученную оценку нижним пределом соответствующей доли, так как точности измерений в рассматриваемых экспериментах не позволяла, например, уверенно регистрировать продукты распада более высоких возбуж-

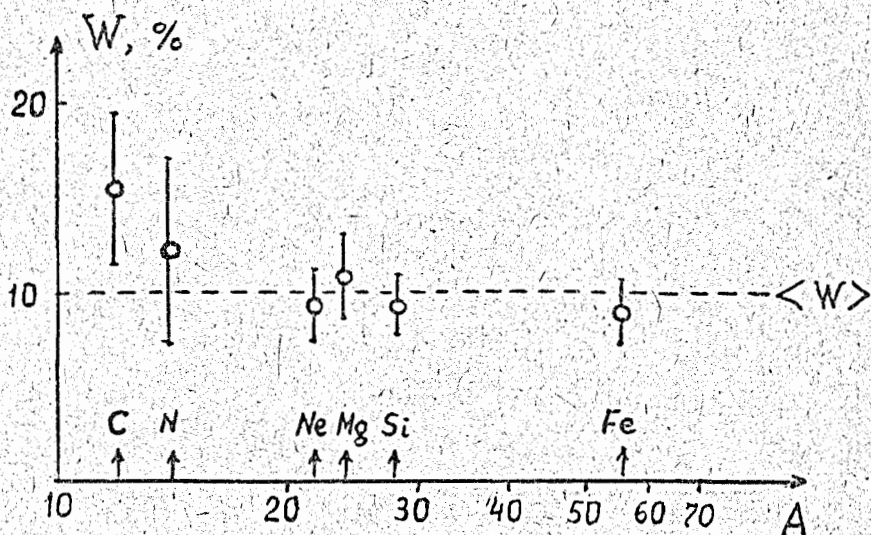


Рис.2. Зависимость доли «каскадных»  $\alpha$ -частиц среди всех спектров снаряда с  $z = 2$  от массового числа фрагментирующего ядра

денных состояний ядра  ${}^8\text{Be}$ . Отметим, наконец, что  $\alpha$ -частицы в конечном состоянии реакций мультифрагментации возбужденных ядер могут быть продуктами распада и многих иных промежуточных нестабильных объектов.

Авторы благодарны коллегам по работам [1—6], вложившим большой труд в получение использованного здесь экспериментального материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко Р.А. и др. — ЯФ, 1983, т.38, с.1483.
2. Chernov G.M. et al. — Nucl. Phys. A, 1977, v.280, p.478.
3. Андреева Н.П. и др. — ЯФ, 1988, т.47, с.157; т.47, с.949.
4. Бондаренко А.И. и др. — ЯФ, 1992, т.55, с.137.
5. Краснов С.А. и др. — Сообщение ОИЯИ, P1-88-252, Дубна, 1988.
6. Chernov G.M. et al. — Nucl. Phys. A, 1984, v.412, p.534.
7. Абдуразакова У.А. и др. — ЯФ, 1984, т.39, с.272.
8. Белага В.В. и др. — Препринт ОИЯИ, P1-94-285, Дубна, 1994; ЯФ (в печати).
9. Goldhaber A.S. — Phys. Lett. B, 1974, v.53, p.306.

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 августа 1995 года.