

**ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛОВ С ОБРАЗОВАНИЕМ ЗЕРКАЛЬНЫХ ЯДЕР  ${}^7\text{Be}$  И  ${}^7\text{Li}$  В  ${}^{16}\text{O}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 3.25 А ГЭВ/С**

**Б.С. Юлдашев<sup>1</sup>, А.А. Юлдашев<sup>2</sup>, С.Л. Лутпуллаев<sup>2</sup>, Э.Х.Базаров<sup>1</sup>, Д.А. Каршиев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт Ядерной Физики АН РУз, <sup>2</sup>Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУз

Рассмотрение различных характеристик фрагментов и частиц, образованных в нуклон-ядерных взаимодействиях в каналах с выходом зеркальных ядер направлено на изучение коллективных свойств ядерной материи.

В данной работе, выполненной на статистике в 8688 полностью измеренных  ${}^{16}\text{O}$ -событий, приводятся различные характеристики частиц в каналах с выходом зеркальных ядер  ${}^7\text{Be}$  и  ${}^7\text{Li}$ . В этих каналах, как видно из табл.1, в пределах статистических погрешностей попарно совпадают числа ассоциированных фрагментов с зарядом  $Z = 2$ .

Таблица 1.

*Числа событий по каналам с выходом ядер  ${}^7\text{Li}$  и  ${}^7\text{Be}$  при разной множественности ассоциированных ядер гелия.*

Каналы	Число фрагментов с зарядом $Z = 2$			Все
	0	1	2	
${}^7\text{Li}+\dots$	57	83	19	159
${}^7\text{Be}+\dots$	54	78	22	154

Кинематические характеристики зеркальных ядер с  $A = 7$  оказались очень близкими, а средние значения полных импульсов  $\langle P_{7\text{Li}} \rangle = 22.70 \pm 0.07$  ГэВ/с,  $\langle P_{7\text{Be}} \rangle = 22.65 \pm 0.16$  ГэВ/с – практически совпали. Средние множественности и кинематические характеристики фрагментов и заряженных частиц представлены в табл.2.

Таблица 2.

*Средние значения множественности, импульсов, кинетических энергий частиц и фрагментов в каналах с выходом ядер  ${}^7\text{Li}$  и  ${}^7\text{Be}$ .*

Характеристика	Каналы	
	${}^7\text{Be}$	${}^7\text{Li}$
$n_{\text{pm}}$	$0.42 \pm 0.04$	$0.43 \pm 0.04$
$n_{\text{p}}$	$2.89 \pm 0.12$	$3.00 \pm 0.11$
$n_{\text{d}}$	$0.53 \pm 0.05$	$0.52 \pm 0.05$
$n_{\text{t}}$	$0.20 \pm 0.03$	$0.17 \pm 0.03$
$n_{\pi^-}$	$0.44 \pm 0.05$	$0.29 \pm 0.04$
$n_{\pi^+}$	$0.36 \pm 0.05$	$0.56 \pm 0.05$
$n_{\text{He}}^4$	$0.61 \pm 0.05$	$0.63 \pm 0.05$
$n_{\text{He}}^3$	$0.18 \pm 0.03$	$0.13 \pm 0.03$
$\rho_{\text{pm}}$ (ГэВ/с)	$0.65 \pm 0.03$	$0.71 \pm 0.04$
$\rho_{\pi^-}$ (ГэВ/с)	$0.61 \pm 0.04$	$0.64 \pm 0.06$
$\rho_{\pi^+}$ (ГэВ/с)	$0.52 \pm 0.04$	$0.53 \pm 0.04$
$E_{\text{кар}}$ (МэВ)	$139.4 \pm 9.4$	$140.0 \pm 8.5$
$E_{\text{кад}}$ (МэВ)	$45.0 \pm 5.4$	$38.2 \pm 4.6$
$E_{\text{кат}}$ (МэВ)	$34.0 \pm 6.3$	$32.6 \pm 7.7$
$E_{\text{карм}}$ (МэВ)	$1542.0 \pm 71$	$1413.0 \pm 72$

Как видно из табл.2, средние множественности ядер d, t,  ${}^3\text{He}$  и  ${}^4\text{He}$  в зеркальных каналах в пределах однократных статистических погрешностей совпадают, что указывает на близость физических условий их формирования. Представляет интерес проанализировать эффекты, связанные с перезарядкой протона-мишени.

В топологии (422), когда вероятность первичного каскадного процесса мала, вероятнее всего, протон-мишень сталкивается с нейтроном снаряда. Анализ изотопического состава топологии (422) показал, что 4-зарядный фрагмент является ядром  ${}^7\text{Be}$ . Топология (322) с большей вероятностью может реализоваться при взаимодействии протона-мишени с протоном снаряда, на что указывают данные табл. 3. В самом деле, средняя множественность  $\pi^-$ -мезонов в топологии (422) существенно выше, чем в топологии (322). Для множественностей  $\pi^+$ -мезонов же наблюдается обратная картина. В

совокупности, это указывает на большую роль процессов неупругой перезарядки нуклонов ядра кислорода  $pp \rightarrow rp + \pi^+$  и  $pn \rightarrow rp + \pi^-$ .

Таблица 3.

Средние множественности заряженных пионов в зеркальных топологиях (422) и (322).

Тип частицы	Топология	
	422	322
$\langle n_{\pi^-} \rangle$	$0.45 \pm 0.15$	$0.10 \pm 0.07$
$\langle n_{\pi^+} \rangle$	$0.27 \pm 0.09$	$0.58 \pm 0.15$

Представленные в данной работе результаты еще раз подтверждают наши более ранние выводы о существенной роли  $\alpha$ -кластерной структуры ядра кислорода в процессе формирования конечных многонуклонных фрагментов. Для процессов с образованием зеркальных ядер  ${}^7\text{Be}$  и  ${}^7\text{Li}$  важно анализировать каналы с образованием заряженных пионов, что позволяет идентифицировать тип первичного нуклон-нуклонного соударения.

### ДИССОЦИАЦИЯ ЯДЕР ${}^{12}\text{N}$ С ИМПУЛЬСОМ 2 А ГЭВ/С В ЯДЕРНОЙ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ЭМУЛЬСИИ

К. Олимов<sup>1)</sup>, Д. А. Артеменков<sup>2)</sup>, В. Брэднова<sup>2)</sup>, П. И. Зарубин<sup>2)</sup>, И. Г. Зарубина<sup>2)</sup>, Р. Р. Каттабеков<sup>2,3)</sup>, Н. К. Корнегруца<sup>2)</sup>, К. З. Маматкулов<sup>2,4)</sup>, В. В. Русакова<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Физико-технический институт АН РУз, <sup>2)</sup>Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия. <sup>3)</sup>Институт Ядерной Физики АН РУз, <sup>4)</sup>Джизакский педагогический институт, Джизак.

E-mail: olimov@uzsci.net

Пучок ядер  ${}^{12}\text{N}$  получен отбором из взаимодействий первичного пучка ядер  ${}^{12}\text{C}$  с импульсом 2А ГЭВ/с в ядерной фотоэмульсии. Представленный ниже анализ основывается на просмотре облученной эмульсии по следам первичных частиц с зарядами, визуально оцениваемыми как  $Z_{pr} > 2$ , на длине около 1088 м. Найдено 7241 неупругое взаимодействие, в том числе 608 «белых» звезд, содержащих только релятивистские фрагменты в угловом конусе до  $\theta_{fr} < 11^\circ$ . В «белых» звездах, которые могли бы быть созданы ядрами  ${}^{12}\text{N}$ , выполнены измерения средних плотностей  $\delta$ -электронов  $N_\delta$  на следах пучковых ядер и вторичных фрагментов с зарядами  $Z_{fr} > 2$ .

Исследования кластеризации нуклонов в малоизученном радиоактивном ядре  ${}^{12}\text{N}$ , является логическим шагом в развитии исследований кластерной структуры ядер  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^8\text{B}$  и  ${}^9\text{C}$ . Ядро  ${}^{12}\text{N}$  завершает эту последовательность ядер в цепи реакций в астрофизических процессах быстрого подхвата протонов. Это ядро обеспечивает альтернативный сценарий синтеза изотопа  ${}^{12}\text{C}$ .

Для «белых» звезд  ${}^{12}\text{N}$  можно было ожидать лидирования каналов  ${}^{11}\text{C} + p$  (порог 0.6 МэВ),  ${}^8\text{B} + {}^4\text{He}$  (порог 8 МэВ) и  $p + {}^7\text{Be} + {}^4\text{He}$ , а также каналов связанных с кластерной диссоциацией ядра-основы  ${}^7\text{Be}$ . Особенностью когерентной диссоциации ядра  ${}^{12}\text{N}$ , в отличие от более легких ядер на границе протонной стабильности, может стать вклад распадов несвязанных ядер  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$ . В частности, порог канала  ${}^3\text{He} + {}^9\text{B}_{g.s.}$  составляет 10 МэВ. Небольшая разница в энергии связи по сравнению с каналами, содержащими фрагменты с зарядом  $Z_{fr} > 2$ , ведет к предположению о возможной двойственности ядра  ${}^{12}\text{N}$ . С одной стороны его основа может быть представлена связанными ядрами  ${}^7\text{Be}$  и  ${}^8\text{B}$ , а с другой – несвязанными  ${}^8\text{Be}_{g.s.}$  и  ${}^9\text{B}_{g.s.}$ .

Измерение в облученной эмульсии плотности  $\delta$ -электронов  $N_\delta$  на следах кандидатов  ${}^{12}\text{N}$  позволило отобрать 72 «белых» звезды, удовлетворяющих условию  $Z_{pr} = 7$  и  $\sum Z_{fr} = 7$  [1]. Идентификация следов по заряду позволяет восстановить зарядовую топологию «белых» звезд, созданных ядрами  ${}^{12}\text{N}$ . На основе этих данных вклад ядер  ${}^{12}\text{N}$  в пучок оценивается в 14 % (без учета ядер H и He). Согласно накопленной статистике «белых» звезд, созданных ядрами  ${}^{10}\text{C}$  и  ${}^7\text{Be}$ , вклад этих изотопов составляет примерно по 43%. Для изотопов  $Z_{fr} > 2$  по  $Z_{fr}$  определяется и массовое число  $A_{fr}$ .

Для дальнейшего отбора событий когерентной диссоциации, содержащих только фрагменты ядер  ${}^{12}\text{N}$  (не «участников» взаимодействия), условие на угловой конус было ужесточено до  $\theta_{fr} < 6^\circ$ . Эта величина определяется «мягким» ограничением на импульс ферми-движения нуклонов. В распределении 45 отобранных событий доля каналов с тяжелыми фрагментами  $Z_{fr} > 2$  достигает примерно 2/3, и вклад каналов, содержащих только легкие фрагменты He и H, остается достаточно значительным. Заметный вклад предельно «хрупкого»  ${}^8\text{B}$  указывает на «холодную» фрагментацию с минимальным возмущением структуры ядер  ${}^{12}\text{N}$ . Неожиданно большой оказалась статистика событий в канале  $2\text{He} + 3\text{H}$ . Исходя из факта приблизительного равенства вероятности каналов  $2\text{He}$  и  $\text{He} + 2\text{H}$