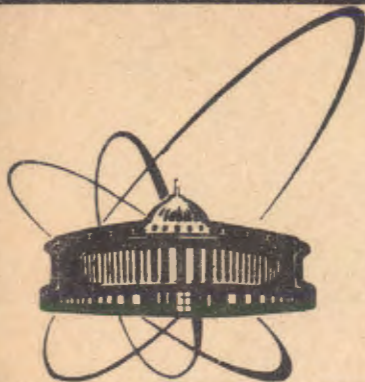


90-521



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-90-521

Н.М.Вирясов, Г.Р.Гулканян*, В.Г.Какоян*,
С.А.Корчагин*, А.П.Нагайцев, М.И.Соловьев,
Н.Г.Фадеев, Г.А.Худавердян*, А.П.Чеплаков

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ π^- -МЕЗОНОВ,
ОБРАЗОВАННЫХ В dC - И αC -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ЭНЕРГИИ 1 И 3,3 ГэВ/нуклон

*Ереванский физический институт, Ереван

1990

Настоящая работа является частью систематических исследований инклюзивных спектров пионов в ядро-ядерных столкновениях, проводимых с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры (ППК) ЛВЭ ОИЯИ, облученной в пучках релятивистских ядер дубненского синхрофазотрона. Результаты этих исследований могут быть, в частности, использованы при определении оптимальных (с энергетической точки зрения) условий генерации пучков μ -мезонов для применения последних в мюонном катализе синтеза легких ядер^{/2/}.

Данный эксперимент инициирован работами А.И.Пономарева и соавторов^{/3/}. Здесь представлены результаты измерения инклюзивных спектров π^- -мезонов, образующихся при взаимодействии ядер дейтерия с энергией 1,0 и 3,3 ГэВ на нуклон, и α -частиц с энергией 3,3 ГэВ на нуклон с ядрами углерода в пропане. При отборе неупругих соударений налетающих ядер с ядрами углерода было просмотрено 10 тыс., 20 тыс. и 25 тыс. стереофотографий, соответственно.

Обнаружено около 1800 взаимодействий дейтронов при 1 ГэВ на нуклон с рождением π^- -мезонов (в основном, одиночных). Вклад событий с рождением двух π^- -мезонов составляет $\sim 2\%$ ^{/4/}. Подавляющая часть их ($\sim 87\%$) является dC -взаимодействиями.

Найдено также 6684 dC - и 4949 αC -неупругих соударений при энергии 3,3 ГэВ на нуклон, среди которых π^- -мезоны зарегистрированы в 3484 dC - и в 2901 αC -событии. Вклад событий с $n \geq 2$ здесь существенно больше и составляет примерно 20% и 40% соответственно. Количество этих взаимодействий приведено с учетом процедуры статистического разделения водород-углеродных событий^{/5/}. Отобранные события измерялись на полуавтоматических устройствах и обрабатывались на ЭВМ с помощью программы геометрической реконструкции ГЕОФИТ.

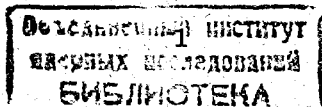
1. Получены полные инклюзивные сечения рождения π^- -мезонов, которые равны:

$$\sigma_-(dC) = (68,9 \pm 4,4) \text{ мб при } 1 \text{ ГэВ на нуклон,}$$

$$\sigma_-(dC) = (240 \pm 15) \text{ мб при } 3,3 \text{ ГэВ на нуклон,}$$

$$\sigma_-(\alpha C) = (410 \pm 25) \text{ мб при } 3,3 \text{ ГэВ на нуклон.}$$

Двумерные распределения π^- -мезонов по переменным импульс — угол приведены в табл.1, а одномерные — на рис.1-3. В табл.2 представлены средние значения импульса π^- -мезонов $\langle P \rangle$, угла вылета $\langle \Theta \rangle$, косинуса угла $\langle \cos \Theta \rangle$ и квадрата поперечного импульса $\langle P_T^2 \rangle$.



Из сравнения инклюзивных спектров и средних характеристик π^- -мезонов можно сделать следующие выводы:

- с ростом энергии падающей частицы заметно растет средний поперечный импульс π^- -мезонов, а соответствующие инклюзивные распределения смещаются в сторону больших значений;
- при меньших энергиях угловой спектр π^- -мезонов несколько шире;
- при столкновениях легких релятивистских ядер форма инклюзивных спектров слабо зависит от атомного веса налетающего ядра, а средние характеристики π^- -мезонов в пределах экспериментальных ошибок существенно не отличаются;

Таблица 1. Двумерные распределения π^- -мезонов по переменным импульс — угол

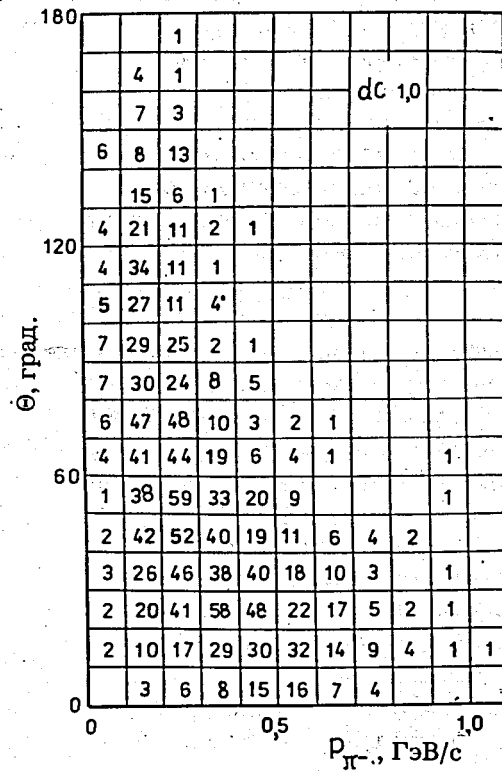
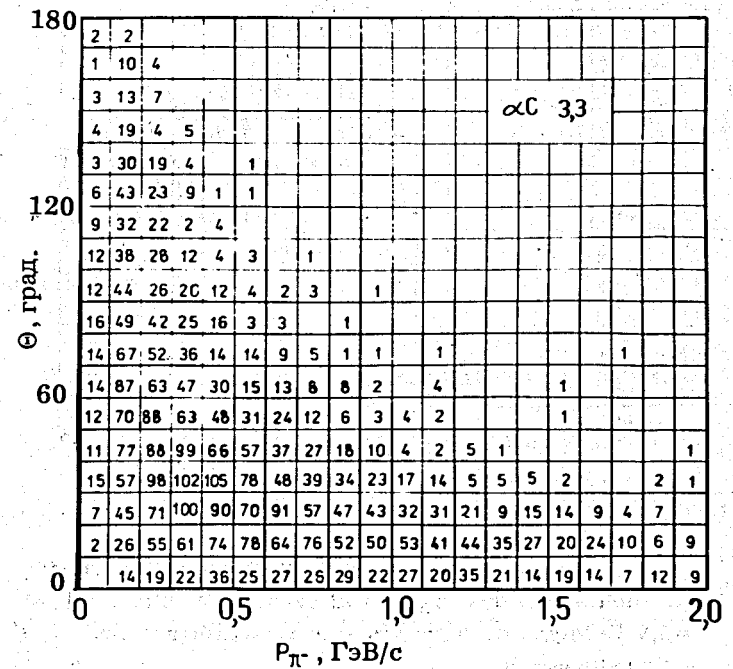
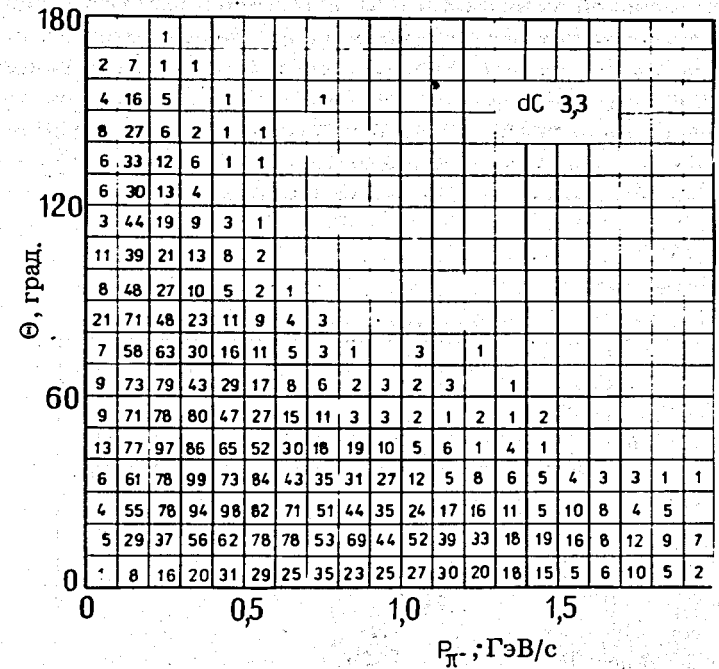


Таблица 1 (продолжение)



— при начальной энергии 3,3 ГэВ на нуклон в распределении по квадрату поперечного импульса π^- -мезонов отчетливо виден излом, указывающий на вклад второй экспоненты с параметром наклона около $8 \div 9$ $(\text{ГэВ}/\text{с})^{-2}$. Наклоны первой экспоненты во всех трех случаях близки и составляют около $25 \div 35$ $(\text{ГэВ}/\text{с})^{-2}$. Такое значение параметра наклона может свидетельствовать о преимущественно Δ -изобарном механизме образования π^- -мезонов при энергии 1 ГэВ на нуклон.

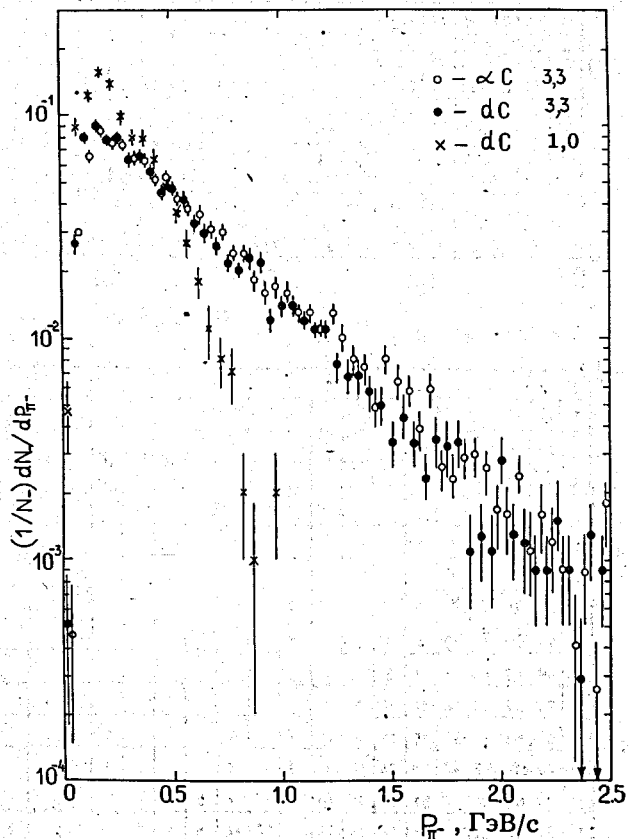


Рис.1. Импульсное распределение π^- -мезонов: \times — для dC-взаимодействий при $T_d = 1$ ГэВ/нуклон; \bullet — при $T_d = 3,3$ ГэВ/нуклон; \circ — для α -взаимодействий при $T_\alpha = 3,3$ ГэВ/нуклон.

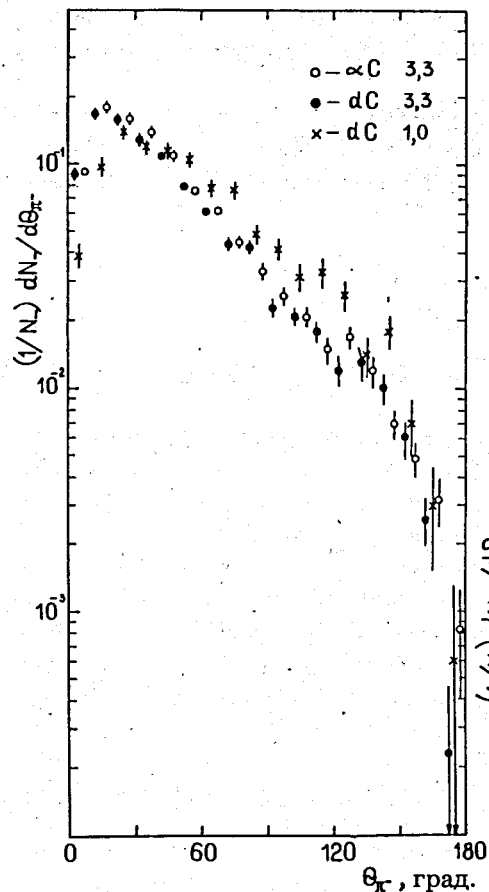


Рис.3. Распределение по квадрату поперечного импульса π^- -мезонов (обозначения см. на рис.1).

Рис.2. Угловое распределение π^- -мезонов (обозначения см. на рис.1).

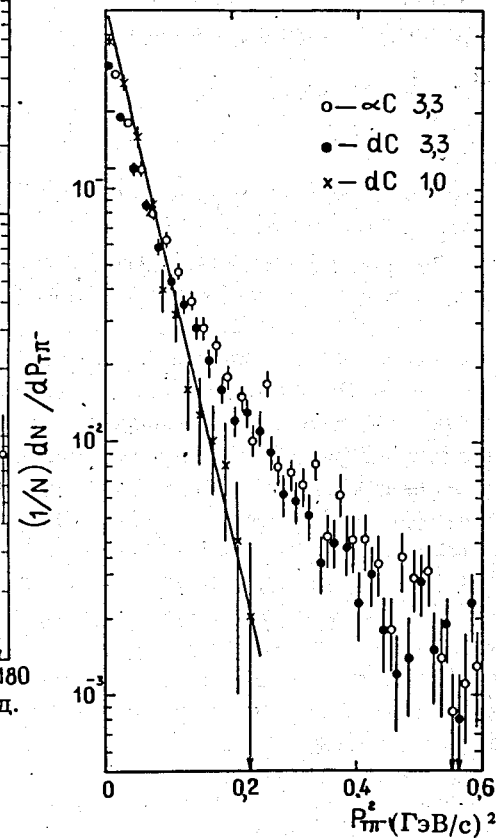


Таблица 2. Средние характеристики π^- -мезонов

Взаимодействие	$\langle P \rangle$, ГэВ/с	$\langle \Theta \rangle$, град.	$\langle \cos \Theta \rangle$	$\langle P_T^2 \rangle$, $(\text{ГэВ}/\text{с})^2$
dC, 1 ГэВ/Н	$0,310 \pm 0,005$	57 ± 1	$0,47 \pm 0,01$	$0,043 \pm 0,001$
dC, 3,3 ГэВ/Н	$0,550 \pm 0,020$	$45 \pm 0,5$	$0,620 \pm 0,006$	$0,090 \pm 0,002$
α C, 3,3 ГэВ/Н	$0,590 \pm 0,020$	$44 \pm 0,5$	$0,630 \pm 0,006$	$0,096 \pm 0,003$

2. Подробно изучались инклюзивные спектры π^- -мезонов, рожденных при начальной энергии дейтронов 1 ГэВ, более предпочтительной для мюонного катализа^{1/2/}.

В этом случае импульсное распределение π^- -мезонов из dC-взаимодействий имеет максимум при $0,1 \pm 0,3$ ГэВ/с. В область $p_{\pi^-} > 700$ МэВ/с попадает лишь $(2,6 \pm 0,4)\%$ от всех π^- -мезонов (рис.1). Их спектр можно представить в аналитическом виде:

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dP} \sim \left(\frac{P}{\langle P_{\pi^-} \rangle} \right)^{\alpha} \cdot \exp \left[-\beta \left(\frac{P}{\langle P_{\pi^-} \rangle} \right)^{1/2} \right],$$

где значения параметров аппроксимации равны $\alpha = 6,3 \pm 0,2$; $\beta = 15,0 \pm 0,5$ (при $\chi^2/\text{ст. свободы} = 1,5$).

На рис.4 приведена зависимость среднего импульса от угла вылета, а на рис.5 — зависимость среднего угла вылета от импульса π^- -мезона. Видно, что с ростом Θ_{π^-} — средний импульс заметно уменьшается, и, соответственно, с ростом P_{π^-} — уменьшается средний угол вылета.

На рис.6 приведены распределения по P_T^2 для разных интервалов по P_L — продольному импульсу π^- -мезонов. Эти распределения также можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью, причем параметр наклона распределения заметно уменьшается с ростом P_L . Зависимость $\langle P_T^2 \rangle$ от P_L представлена на рис.7. Из приведенных данных

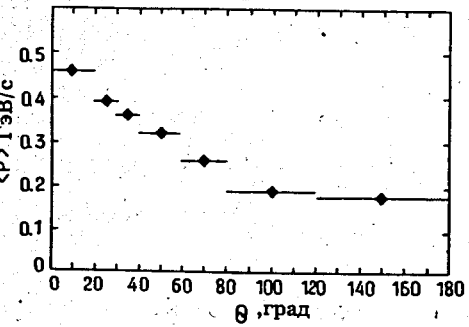


Рис.4. Зависимость $\langle P_{\pi^-} \rangle$ от Θ_{π^-} при $T_d = 1$ ГэВ/нуклон.

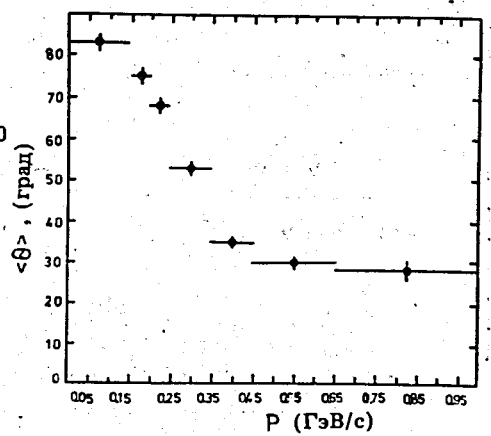


Рис.5. Зависимость $\langle \Theta_{\pi^-} \rangle$ от P_{π^-} при $T_d = 1$ ГэВ/нуклон.

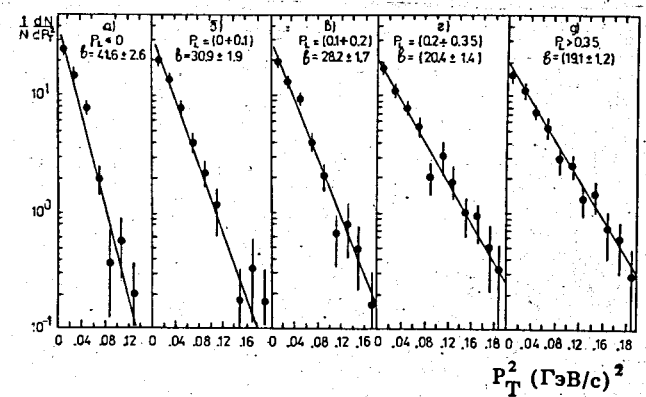


Рис.6. Распределение по P_T^2 для разных интервалов величины продольного импульса π^- -мезонов при $T_d = 1$ ГэВ/нуклон.

видно, что дифференциальное сечение рождения π^- -мезонов не может быть представлено в факторизованной форме по переменным P_L и P_T .

3. Поскольку ядро-снаряд взаимодействует в пропановой камере с ядрами углерода и протонами водорода, при $T_d = 1$ ГэВ специально исследовалось влияние примеси "водородных" событий на полученные спектры. Выделялись "водородоподобные" события (на водороде и квазисвободных протонах ядра углерода) и "углеродные" события. К "водородоподобным" относились события, удовлетворяющие следующим условиям: а) отсутствуют летящие назад протоны; б) число лучей $n_{ch} = 4$ (т.к. сечение рождения более одного π^- -мезона в dC-взаимодействиях при данной энергии незначительно); в) число малоэнергичных протонов ($P_p < 200$ МэВ/с) — не более одного. Таких событий оказалось около 30%, из которых 13% соответствуют взаимодействиям на водороде^{4/}, а 17% — на квазисвободных протонах ядра углерода. Остальные 70% отнесены к событиям "углеродного" типа. Импульсные и угловые распределения π^- -мезонов

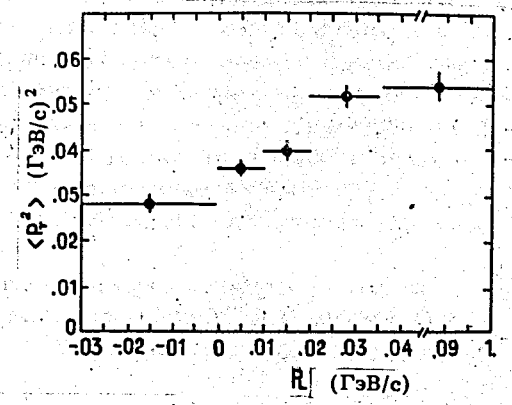


Рис.7. Зависимость $\langle P_T^2 \rangle$ от P_L при $T_d = 1$ ГэВ/нуклон.

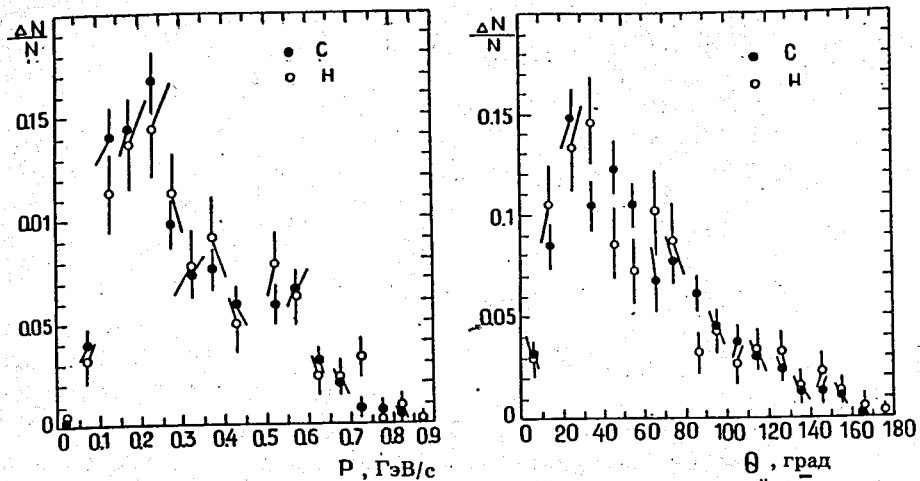


Рис.8. Сравнение импульсных и угловых распределений π^- -мезонов при $T_d=1$ ГэВ/нуклон в "водородоподобных" (o) и "углеродных" (●) взаимодействиях.

в "водородоподобных" ("H") и "углеродоподобных" ("C") событиях сравниваются на рис.8. В пределах экспериментальных погрешностей распределения заметно не различаются. В частности, средний импульс π^- -мезонов в "углеродных" событиях $\langle P_{\pi^-} \rangle = (0,299 \pm 0,006)$ ГэВ/с, а в "водородоподобных" $\langle P_{\pi^-} \rangle = (0,322 \pm 0,010)$ ГэВ/с. Мы считаем, что это небольшое различие может быть объяснено вторичными взаимодействиями в ядре углерода.

Из сказанного можно сделать вывод о слабом влиянии примеси "водородных" событий на приведенные на рис.1-7 характеристики π^- -мезонов, рожденных в dC-взаимодействиях при $T_d=1$ ГэВ.

4. По мере накопления экспериментального материала по ядро-ядерным взаимодействиям, зарегистрированным с помощью 2 м пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, на передний план выдвигается проблема обобщения и теоретической интерпретации полученных результатов. В последующих работах мы намерены, в частности, проверить расчеты дубненской версии каскадной модели^{/6/} и модели кварк-глюонных струн^{/7/}, которые удовлетворительно описывают эксперимент при начальных энергиях несколько ГэВ на нуклон.

Авторы глубоко признательны А.Н.Зубареву, Н.А.Коржеву, Н.А.Смирнову и В.П.Соколову за получение стереофотографий при облучении пузырьковой камеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agakishiev H.M. et al. — Z. Phys., 1985, C27, p.177.
2. Muon Catalyzed Fusion, 1988, 3.
3. Ponomarev L.I. — Proc. VI Int. Conf. on Atomic Physics, Riga, 1978, Plenum Press, New-York, 1978, p.182.
Gerstein S.S. et al. — JETP, 1981, 51, p.1053.
4. Гулканыан Г.Р. и др. — Препринт ЕрФИ 1150/27-89, 1989.
5. Агакишиев Г.Н. и др. — Препринт ОИЯИ, 1-83-662, Дубна, 1983.
6. Гудима К.К., Тонеев В.Д. — ЯФ, 1978, 27, с.658;
Nucl. Phys., 1983, A400, p.173.
7. Тонеев В.Д., Амелин Н.С., Гудима К.К. — Препринт ОИЯИ P7-89-346, Дубна, 1989; ЯФ, 1990, 51, с.1730; Preprint GSI-89-52, Darmstadt, 1989.
Амелин Н.С. и др. — Препринт ОИЯИ P2-89-870, Дубна, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 ноября 1990 года.