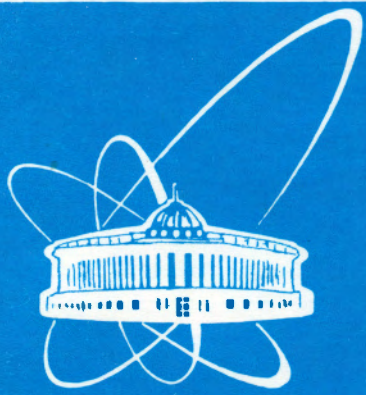


94-274



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-94-274

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В КОНЕЧНОМ СОСТОЯНИИ
В ^3He -СТОЛКНОВЕНИЯХ

Сотрудничество: Варшава — Дубна — Кошице —
Москва — Тбилиси

Направлено в журнал «Ядерная физика»

1994

В.В.Глаголев, Р.М.Лебедев, Г.Д.Пестова
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Ю.Главацова, М.Кравчикова
Технический университет, Кошице, Словакия

А.Дирнер, Г.Мартинска, Й.Урбан
Университет им.П.Й.Шафарика, Кошице, Словакия

А.К.Качарава, М.С.Ниорадзе
Институт физики высоких энергий ТГУ, Тбилиси, Грузия

Т.Собчак, И.Стэпаняк
Институт ядерных проблем, Варшава, Польша

К.У.Хайретдинов
Физический институт им.П.Н.Лебедева АН РАН, Москва

Систематические исследования реакций с легкими ядрами в 4 π -геометрии выявили существенную роль корреляционных эффектов, связанных с взаимодействием в конечном состоянии [1,2,3]. Эксперимент особенно удобно проводить в так называемой обратной геометрии, когда ядро падает на протон-мишень. При этом все заряженные продукты реакции хорошо измеряются и идентифицируются.

Наиболее детально изучался самый простой случай dp -взаимодействий [1], в которых, если ограничиваться только безмезонными процессами, имеются всего две реакции: $dp \rightarrow dp$ и $dp \rightarrow ppp$. Анализ затруднителен в случае, когда возможны взаимные влияния большего числа конкурирующих каналов. Для рассматриваемого случая ${}^3\text{He}$ -взаимодействий существуют уже три канала: ${}^3\text{He} \rightarrow {}^3\text{He}$, ${}^3\text{He} \rightarrow dpp$ и ${}^3\text{He} \rightarrow pppp$. Тем не менее мы проводим анализ пространственных корреляций вторичных частиц в реакциях безмезонного развала ядра ${}^3\text{He}$, которые полностью кинематически определены.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Работа проведена с помощью 100 см водородной пузырьковой камеры, облученной в пучке ядер ${}^3\text{He}$ с импульсом 4,5 А·ГэВ/с. После стандартной процедуры обработки на магнитных лентах суммарных результатов записано 37286 событий. Предметом анализа являются две безмезонные реакции:

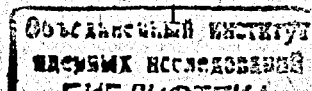
$${}^3\text{He} \rightarrow dpp \quad 2711 \text{ соб.} \quad \sigma = (7,29 \pm 0,14) \text{ мб}; \quad (1)$$

$${}^3\text{He} \rightarrow pppp \quad 2612 \text{ соб.} \quad \sigma = (6,90 \pm 0,14) \text{ мб}. \quad (2)$$

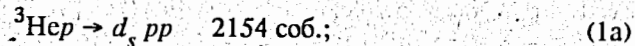
РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Реакция $p{}^3\text{He} \rightarrow dpp$

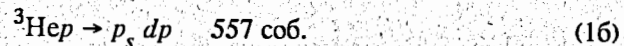
Для последующего анализа события реакции разбиваются на две группы:



а) дейтрон является самой медленной частицей:



б) самым медленным является один из протонов:



На рис.1 представлены импульсные спектры дейтронов отдельно для групп событий *a* и *б* реакции (1), нормированные на одну площадь. Отчетливо видно различие спектров: характерный вид для дейтронов-спектаторов с максимумом вблизи 100 МэВ/с для группы *a* и более жесткий спектр для дейтронов из группы *б*. Здесь и далее все рассуждения проводятся для системы покоя ядра ${}^3\text{He}$, а под спектатором будем понимать частицу с минимальным импульсом в системе покоящегося ядра ${}^3\text{He}$. По аналогии с анализом, проведенным в работе [3], можно предположить, что дейтроны могли образоваться через ВКС. Это относится не только к дейтронам-спектаторам, но и к дейтронам большего импульса (реакция 16), поскольку вероятность существования дейтронного кластера в ядре ${}^3\text{He}$ мала [4].

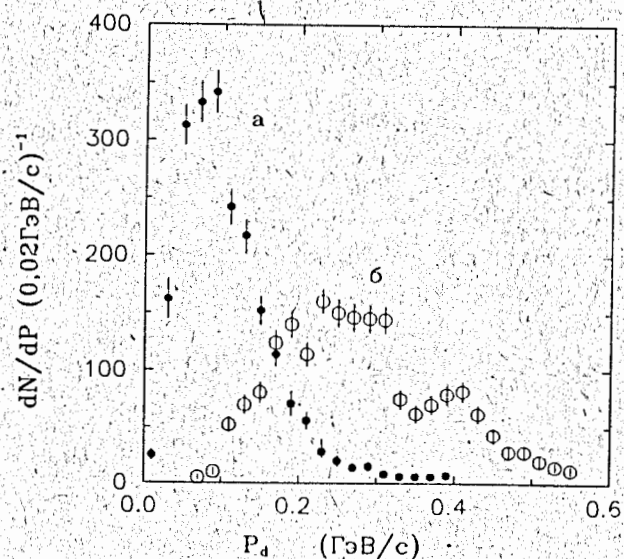


Рис.1. Импульсные спектры дейтронов из реакции ${}^3\text{He}p \rightarrow dpp$:

а) самая медленная частица — дейтрон;
б) самая медленная частица — протон

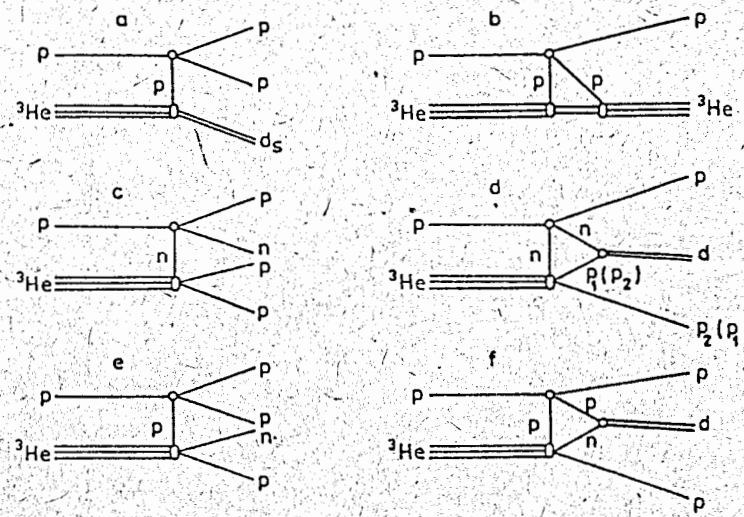


Рис.2. Возможные диаграммы для описания реакций ${}^3\text{He}p \rightarrow {}^3\text{He}$, ${}^3\text{He}p \rightarrow dpp$, ${}^3\text{He}p \rightarrow pppn$

На рис.2 представлен ряд диаграмм для возможного описания рассматриваемых процессов. Здесь диаграммы *a*, *c*, *e* изображают квазиупругое *pp*-рассеяние с дейтроном-спектатором, квази-*pn*-рассеяние с образованием двух протонов, не дающих связанного состояния, и квази-*pp*-рассеяние без дейтрона в конце. Справа — простые треугольные диаграммы: *b* — образование ${}^3\text{He}$, ведущее к упругому каналу, *d* — образование дейтрона из нейтрона отдачи и одного из спектаторных протонов (две возможные комбинации) и *f* — образование дейтрона из протона отдачи и нейтрона-спектатора. Образование дейтрона из *n*- и *p*-спектаторов учитывается диаграммой *a*. Естественно ожидать, что наклоны дифференциальных сечений в случае реакции 1а (диаграмма *a*, рис.2) и в случае реакции 16 (диаграммы *d* и *f*, рис.2) будут различны.

Результаты описания дифференциальных сечений одной экспонентой $e^{B|t|}$, где $|t|$ — величина четырехимпульса, переданного от падающего протона к лидирующему нуклону, приведены в таблице.

Таблица

| Реакция | Диапазон по t , ГэВ/с ² | Наклон, ГэВ/с ² | χ^2/ND |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|
| ${}^3\text{He}p \rightarrow d_s pp$ | 0,08±0,05 | -5,8±0,2 | 24,5/23 |
| ${}^3\text{He}p \rightarrow p_s dp$ | 0,06±0,34 | -14,5±0,9 | 8,0/13 |

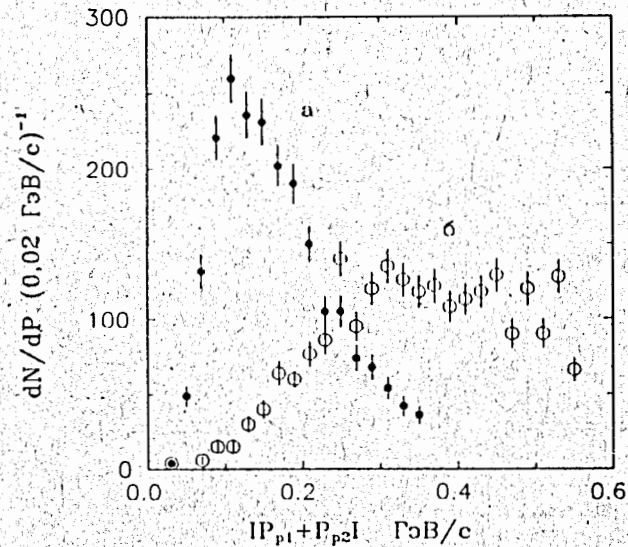


Рис.3. Распределения по величине суммарного импульса двух медленных протонов из реакции $pppp$:
 а) квазинейтронное рассеяние (оба протона — спекторы);
 б) квазипротонное рассеяние (один из протонов — протон отдачи)

Величины наклонов не противоречат предположению, что в реакции (16) должны преобладать относительно малые переданные импульсы, при которых более вероятно образование дейтрона. Это должно привести к большему наклону дифференциального сечения $d\sigma/dt$. В верхней вершине диаграммы *a* (рис.2), соответствующей реакции (1а), квазиупругое pp -рассеяние и наклон дифференциального сечения близок к наклону в рассеянии свободных нуклонов в исследуемой области энергий.

На рис.3 приведены результаты экспериментального моделирования спектров дейтронов путем суммирования импульсов двух протонов из реакции ${}^3\text{He}p \rightarrow pppp$ в комбинациях:

- 1) два медленных протона (рис.3,а);
- 2) медленный протон с протоном отдачи (рис.3,б)

(комбинации pn не берутся, чтобы избежать влияния образования связанного состояния дейтрона).

Видно, что даже без введения ограничений на большие относительные импульсы, при которых ВКС в силу резонансного характера уменьшается, имеется качественное подобие со спектрами дейтронов на рис.1.

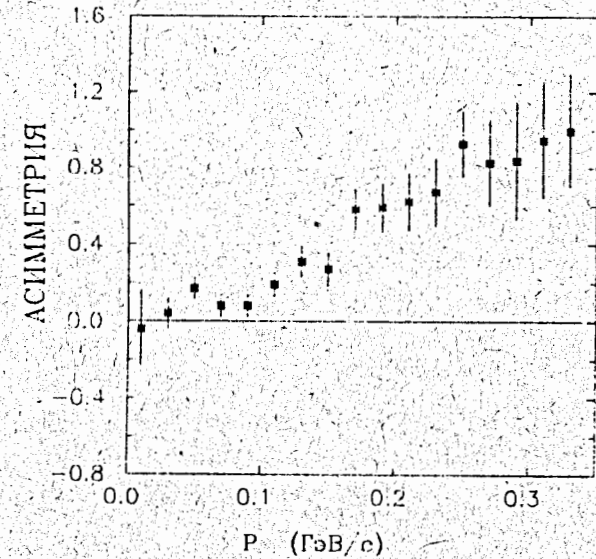


Рис.4а. Зависимость асимметрии распределений по углу Вилкина θ_w от импульса дейтрона в реакции ${}^3\text{He}p \rightarrow d, pp$

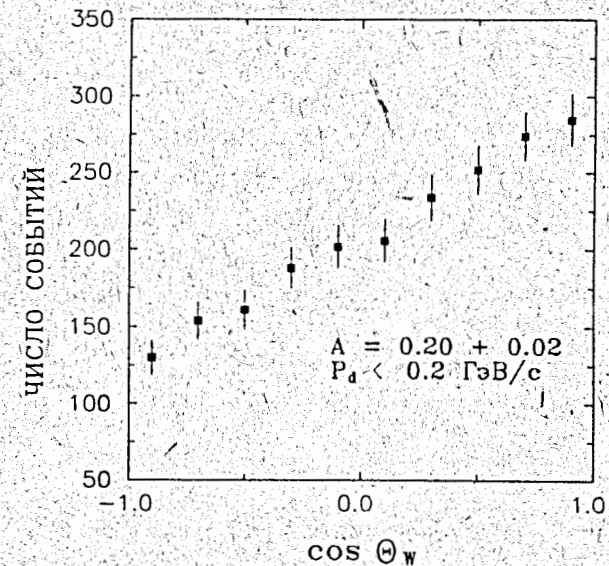


Рис.4 б. Распределение по $\cos \theta_w$ для дейтронов с импульсом, меньшим 0,2 ГэВ/с

Отличительной особенностью реакций с взаимодействием в конечном состоянии являются сильные пространственные корреляции, которые могут быть наблюдаемы только в экспериментах, выполняемых в условиях 4л-геометрии [1]. В частности, это проявляется в асимметрии распределений по углу θ_W между передачей четырехимпульса в верхней вершине диаграммы (от падающего протона к лидирующему нуклону) и импульсом спектральной частицы. Угол θ_W был введен в работе [1] при теоретических расчетах Жермоном и Вилкиным следующим образом:

$$\cos \theta_W = (\mathbf{p}_0 - \mathbf{p}_f) \cdot \mathbf{p}_s / |\mathbf{p}_0 - \mathbf{p}_f| \cdot |\mathbf{p}_s|,$$

где \mathbf{p}_0 — импульс падающего протона;

\mathbf{p}_f — импульс лидирующего нуклона;

\mathbf{p}_s — импульс спектатора.

По аналогии с $dp \rightarrow ppp$ [1], имея в виду, что ожидается существование конкуренции с упругим ${}^3\text{He}$ -рассеянием, построим корреляции вторичных частиц в реакции ${}^3\text{He} \rightarrow dpp$. В качестве меры корреляции используем величину асимметрии в распределении по $\cos \theta_W$:

$$A_W = \frac{N(\theta_W < 90^\circ) - N(\theta_W > 90^\circ)}{N_{\text{tot}}},$$

где N — число событий в указанных интервалах по углу Вилкина θ_W .

На рис. 4а показан ход асимметрии A_W в зависимости от импульса дейтрона-спектатора. На рис. 4б представлено распределение по $\cos \theta_W$ для дейтронов с импульсом, меньшим 0,2 ГэВ/с. Полученный ход зависимости коэффициента асимметрии аналогичен тому, что было наблюдаемо в pd - [1] и $p{}^4\text{He}$ -взаимодействиях [2], и свидетельствует в пользу предположения о возможном переходе событий из канала dpp в упругий канал вследствие ВКС (переход между диаграммами *a* и *b* на рис. 2).

2. Реакция ${}^3\text{He} \rightarrow ppp$

Рассмотрение корреляций по углу Вилкина в рамках обсуждаемых подходов можно провести и для реакции ${}^3\text{He} \rightarrow ppp$, учитывая возможный переход np -комбинации в дейтрон (реакция ${}^3\text{He} \rightarrow dpp$). Характерной особенностью этой реакции является наличие двух нуклонов-спектаторов [5].

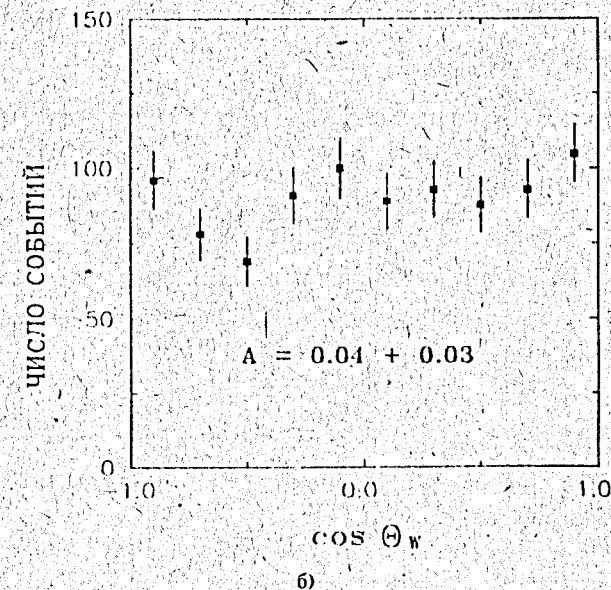
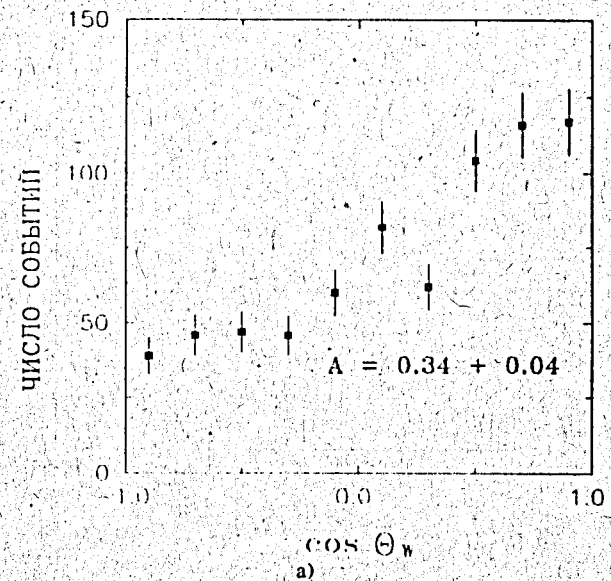


Рис. 5. Распределение по $\cos \theta_W$ для реакции ${}^3\text{He} \rightarrow ppp$, квази- pp -рассеяние:
а) спектатор — нейтрон $|\mathbf{p}_{ns}| < 0,2$ ГэВ/с;
б) спектатор — протон $|\mathbf{p}_{ps}| < 0,2$ ГэВ/с

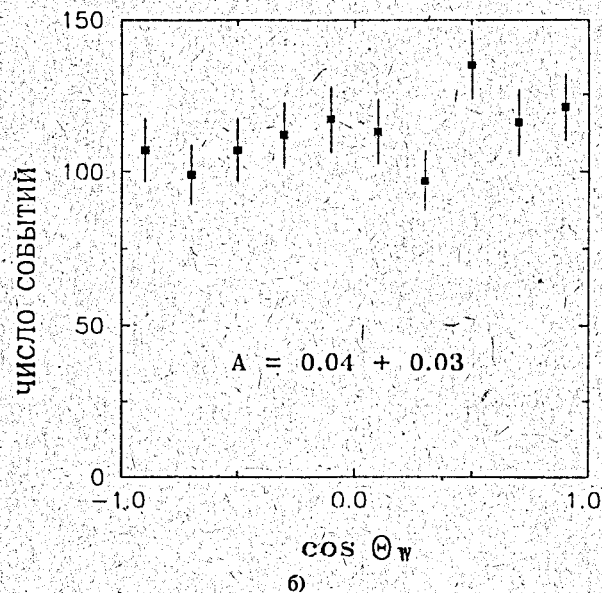
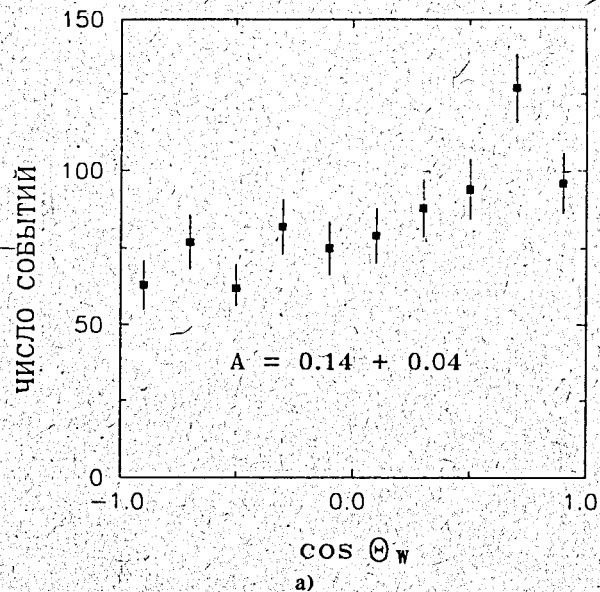


Рис.6. Распределения по $\cos \theta_W$ для реакции ${}^3\text{He}p \rightarrow pppn$, квази- pr -рассеяние:
 а) спектатор — более быстрый протон $|p_{s1}| < 0,2 \text{ ГэВ/с}$;
 б) спектатор — более медленный протон $|p_{s2}| < 0,2 \text{ ГэВ/с}$

События этой реакции разделим на:

$$\text{— квази-}pp\text{-рассеяние, 1220 соб.,} \quad (2a)$$

когда протон имеет характеристики нуклона отдачи;

$$\text{— квази-}np\text{-рассеяние; 1392 соб.,} \quad (26)$$

когда отдача — нейтрон.

В случае квази- pp -рассеяния имеются две возможности образования дейтрона — это слияние нейтрона-спектатора с протоном-спектатором (переход диаграммы e в диаграмму a) либо слияние нейтрона-спектатора с протоном отдачи (переход диаграммы e в f). В обоих случаях нейтрон связывается в дейтрон, и поэтому можно ожидать асимметрии в угле Вилкина между $\bar{q} = \bar{p}_o - \bar{p}_f$ и импульсом нейтрона-спектатора. Действительно, как видно из рис.5,а, мы имеем значимую асимметрию для этого случая. На рис.5,б, где показано аналогичное распределение для протона-спектатора, асимметрии нет (два протона не дают связанного состояния).

Для квази- np -рассеяния (подканал 2б) имеется только одна возможность для нейтрона отдачи образовать дейтрон с одним из протонов-спектаторов (переход c в d), скорее с более быстрым, т.к. в этом случае ожидается меньшая разница их импульсов.

Распределения по углу Вилкина показаны на рис.6,а и б, где за спектатор взят более быстрый из протонов (6,а) и более медленный (6,б). Видно, что в первом случае имеется небольшая асимметрия того же знака, что и для подканала 2а (квази- pp), тогда как для угла с более медленным протоном-спектатором значимой асимметрии нет. Это наблюдение не противоречит предположению о более сильном ВКС при малых относительных импульсах [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о наличии пространственных корреляций в ${}^3\text{He}p$ -взаимодействиях, связанных с образованием в результате ВКС ядер ${}^3\text{He}$ и дейтронов, имеющих как спектаторные, так и несектаторные характеристики. Характер полученных корреляций такой же, как и в dp -столкновениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aladashvili B.S. et al. — Journal of Phys. G.: Nucl. Phys., 1977, 3, p.7.
2. Glagolev V.V, et al. — Phys. Rev. C, 1978, 18, p.1382.

3. Zielinski P. et al. — *Yad. Fiz.*, 1988, 47, p.744.
 4. Röpke G. et al. — *Nucl. Phys.*, 1982, A379, p.536; *Nucl. Phys.*, 1983, A399, p.587.
 5. Glagolev V.V. et al. — *JINR Commun. P1-88-592*, Dubna, 1988.
 6. Butler S.T., Pearson C.A. — *Phys. Rev. Lett.*, 1960, 5, p.276; *Phys. Rev. Lett.*, 1961, 7, p.69; *Phys. Lett.*, 1962, 1, p.77.
- Schwarzschild A., Zupancic C. — *Phys. Rev.*, 1963, 129, p.854.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 июля 1994 года.