

ПОИСКИ СВЕРХПЛОТНЫХ ЯДЕР В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА

В.Г.Николенко, А.Б.Попов, Г.С.Самосват,

Хван Чер Гу

Искался переход ядер в сверхплотное состояние, сопровождающийся большим энерговыделением. Установлено, что выходы γ -квантов с энергией $\sim 30 - 100$ Мэв и нейтронов $\sim 40 - 200$ Мэв не превышают, соответственно, $3 \cdot 10^{-8}$ и $9 \cdot 10^{-7}$ на акт деления в импульсном реакторе ИБР-30.

1. Несмотря на отрицательные результаты экспериментов [1 — 8] по поиску гипотетических сверхплотных ядер (СПЯ) фундаментальность этой проблемы побуждает искать новые пути их наблюдения. В настоящей работе описана попытка обнаружить СПЯ с повышенной энергией связи в активной зоне реактора путем наблюдения вылетающих из него γ -квантов и нейтронов аномально высоких энергий. Этот опыт дает оценку вероятности деления ядер зоны ($75\% \text{ } ^{239}\text{Pu}$ и $25\% \text{ } ^{235}\text{U}$) при котором один или оба осколка оказываются в СП состоянии. При таком делении избыток энергии может привести к повышенным энергиям нейтронов и γ -квантов деления. Не исключена также возможность задержанного высокоэнергетического γ -излучения радиоактивных СП осколков [8]. Заметим, что целесообразность поиска СПЯ среди осколков деления отмечалась в [9].

2. Поиск жестких γ -квантов проводился при средней мощности импульсного реактора ИБР-30 ~ 20 кВт и полуширине его вспышек ~ 100 мксек с помощью двух кристаллов NaJ(Tl) 10×10 см, установленных в 70 м от реактора. При пороге регистрации 30 Мэв для подавления наложения импульсов от мягких γ -лучей в пучок пришлось поместить водяной фильтр толщиной 275 см. Первая серия измерений состояла в 120-часовом накоплении временного спектра импульсов в неизменных условиях. Во второй серии было зарегистрировано 160 пар спектров, соответствующих чередовавшимся 15-минутным экспозициям с детектором в пучке и вне пучка. [10]. Участок спектра первой серии показан на рис. 1, в (t — номер канала шириной 32 мксек, N — число отсчетов в канале); на рис. 1, а для сравнения показан спектр, снятый при пороге детектора 10 Мэв.

3. Спектр нейтронов деления исследовался по времени пролета базы 1000 м при мощности ~ 6 кВт и полуширине вспышек ~ 3 мксек с помощью пластического сцинтиллятора $\phi 10$ см и толщиной 9 см. Для снижения γ -фона в пучке находился свинцовый фильтр толщиной 12,5 см. На рис. 2 показаны временные спектры импульсов, полученные при разных амплитудных порогах за 175 часов при ширине канала 0,5 мксек. На ровном космическом фоне в каналах 32 — 37 находится вспышка тормозного γ -излучения бустера, за ней — γ -лучи деления (на спектре рис. 2, в они подавлены порогом); в каналах от ~ 55 и далее расположен нейтронный пик. Шкала E_n на рис. 2 — энергия нейтронов.

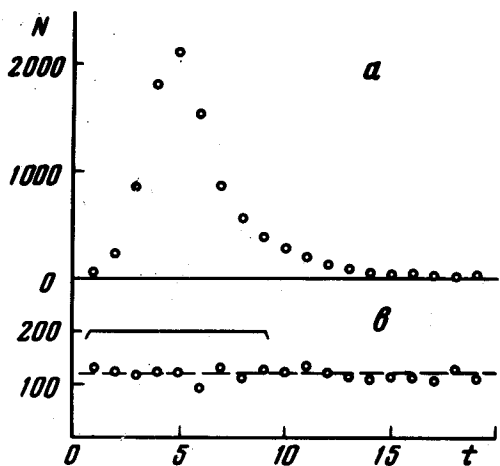


Рис. 1.

4. Оценка выхода частицы на акт деления δ получается из соотношения

$$A = 3 \cdot 10^{13} W T \delta \kappa \epsilon \frac{\omega}{4\pi}, \quad (1)$$

где A — счет детектора, W — мощность реактора в *квт*, κ — пропускание веществ, разделяющих точку рождения и детектор частицы, ω и ϵ — телесный угол и эффективность детектора, T — время измерения в *сек*. Для мгновенных γ -квантов ($\tau_{1/2} \ll 100$ *мксек*) за A принималась разность отсчетов в 9 первых каналах спектра на рис. 1, *а* и средним фоном по следующим 4000 каналам, которая составила 3 ± 33 . При $A < 33$, $\kappa \approx 2 \cdot 10^{-5}$ (с учетом конструкции реактора) из (1) получается $\delta_\gamma (\tau_{1/2} \ll 100$ *мксек*) $< 3 \cdot 10^{-8}$. Горизонтальность спектра во всем диапазоне анализатора $\sim 0,13$ *сек* позволяет оценить выход и задержанного излучения. Так, $\delta_\gamma (100 \ll \tau_{1/2} \ll 10000) < 3 \cdot 10^{-9} \sqrt{\tau_{1/2}}$ где $\tau_{1/2}$ — в *мксек*.

Результат второй серии измерений $A = -650 \pm 780$, полученный как разность отсчетов детектора в пучке и вне его, дает оценку $\delta_\gamma (1 \text{ сек} \ll \tau_{1/2} \ll 1$ *день*) $< 3 \cdot 10^{-6}$ еще более задержанных γ -квантов.

5. Эффективность регистрации нейтронов извлекалась из сравнения площади и положения пика с расчетом при приемлемых температурах θ испарительного спектра (на рис. 2 стрелками отмечены расчетные положения максимумов для $\theta = 1,3; 1,4; 1,5$ *Мэв*). Средний выход нейтронов $\delta_n < 9 \cdot 10^{-7}$ в интервале 40 — 200 *Мэв* был получен из (1) при $A < 39$ (разность счета в каналах 38 — 54 спектра на рис. 2, *б* и фоном составила 2 ± 39), и средних $\kappa \approx 0,02$, $\epsilon \approx 0,03$.

6. Результаты первой серии позволяют также оценить предельное содержание СПЯ, предполагая реакцию (n, γ) на них. Поскольку тепловые нейтроны имеются только в замедлителе ИБР-30, в расчетах интенсивности реакции внутри реактора вместо сечения 1000 *бн* [4] брались сечение 0,1 *бн* для спектра деления. Оказалось, что атомные концентрации СПЯ в водяном замедлителе, вольфрамовом отражателе и делящемся материале реактора не превышают $2 \cdot 10^{-12}$, $2 \cdot 10^{-8}$ и $5 \cdot 10^{-7}$, соответственно.

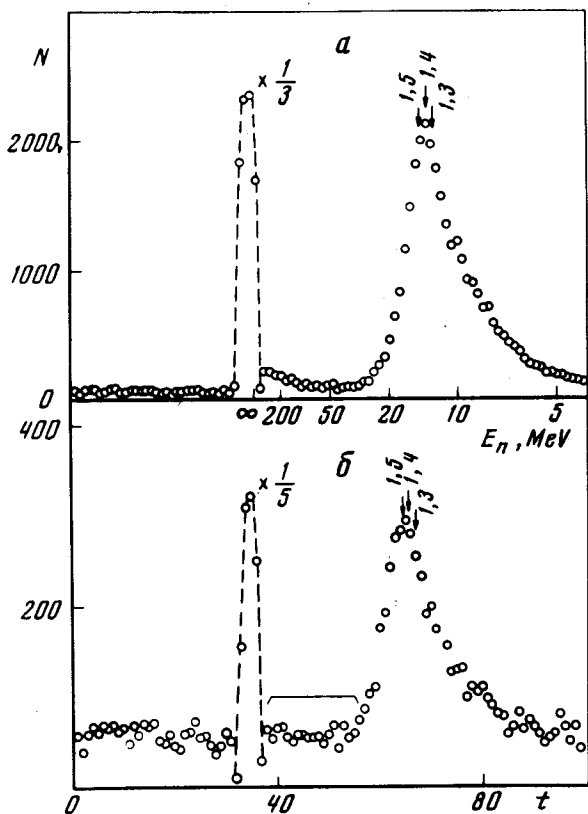


Рис. 2.

Авторы благодарны Л.Б.Пикельнеру за полезные обсуждения, Ш.Салаи и В.А.Вагову за автоматизацию измерений и В.Т.Руденко, Е.П.Шабалину, А.Д.Рогову за информацию о реакторе ИБР-30.

Объединенный институт
ядерных исследований

Поступила в редакцию
16 ноября 1977 г.

Литература

- [1] P.V.Price, J.Stevenson. Phys. Rev. Lett., **34**, 409, 1975.
- [2] P.V.Price. Bull. Am. Phys. Soc., **20**, 594, 1975.
- [3] S.Frankel et al. Phys. Rev., **C13**, 737, 1976.
- [4] R.J.Holt et al. Phys. Rev. Lett., **36**, 183, 1976.
- [5] K.Frankel, J.Stevenson. Phys. Rev., **C14**, 1455, 1976.
- [6] В.И.Алешин и др. Письма в ЖЭТФ, **24**, 114, 1976.
- [7] А.П.Бугорский и др. Сообщение ОИЯИ, 13 - 10216, Дубна, 1976.
- [8] A.Kulikov, B.Pontecorvo. Phys. Lett., **66B**, 136, 1977.
- [9] A.V.Migdal et al. Phys. Lett., **65B**, 423, 1976.
- [10] В.А.Вагов, Г.П.Жуков, Ш.Салаи. Сб. "I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике", стр. 19 ИЯИ АН УССР, Киев, 1976.