

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

X 68

P16-87-589

Хо Ги Хон, В.И.Цовбун

О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПОЛЕЙ
ФОТОНОВ КОРОТКОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
С ГРАНИЧНОЙ ЭНЕРГИЕЙ ~ 1 МэВ
С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ
ДЕТЕКТОРОВ

Направлено на VIII Всесоюзное совещание
по дозиметрии интенсивных потоков ионизирующих
излучений, Обнинск, июнь, 1987 г.

1987

Анализирующая способность функций чувствительности термолуминесцентных детекторов (ТЛД), окруженных различными фильтрами, длительное время привлекает разработчиков методов восстановления энергетических распределений полей фотонов короткой длительности [1-3].

Однако успехи достигнуты, в основном, в диапазоне энергий квантов до нескольких сотен кэВ [1-3]. В диапазоне энергий примерно от 1,5 МэВ до нескольких десятков МэВ перспективными оказались методы с использованием пороговых активационных детекторов [4].

В настоящей работе демонстрируется возможность восстановления с помощью ТЛД, помещенных в различные поглотители, энергетических распределений фотонов в диапазоне энергий до 1,5 МэВ, в том числе излучений короткой длительности.

Один из корректных способов восстановления спектров излучений по показаниям набора детекторов - метод статистической регуляризации решения системы уравнений Фредгольма 2-го рода [5-6].

$$N_i \pm \delta_i = \int_{E_{min}}^{E_{max}} \varepsilon_i(E) \cdot f(E) \cdot dE,$$

где N_i и δ_i - показания и погрешность показания i -го детектора, $\varepsilon_i(E)$ - функция чувствительности, $f(E)$ - искомый спектр.

Поиски подходящих функций чувствительности описаны в работах [7-8]. Были произведены измерения и описаны функции чувствительности ТЛД LiF в поглотителях, в частности свинце, имеющих квазипороговый характер. Синтезирован термолуминофор и изготовлены детекторы из $BaSO_4(Dy)$, имеющие повышенную чувствительность в области малых энергий.

На рис.1 представлен набор функций чувствительности, использованный для демонстрации возможности восстановления энергетических распределений фотонов из [7-8].

В качестве тестовых спектров для математического моделирования восстановления энергетических распределений были выбраны спектр фотонов изотропного источника $Co-60$ за пластиной жолова толщиной

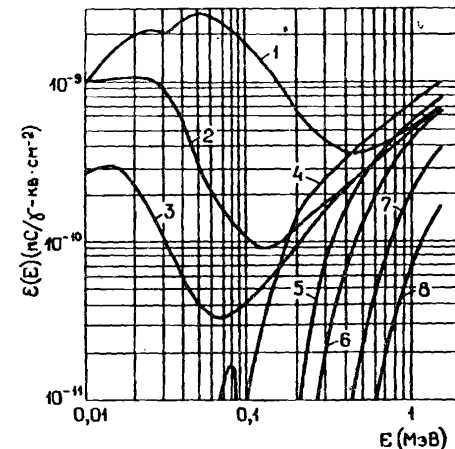


Рис.1. Функции чувствительности детекторов.
1 - $BaSO_4(Dy)$, 2 - $CaSO_4(Dy)$, 3 - LiF в тефлоне, детекторы LiF за барьерами из свинца:
4 - 0,53, 5 - 4,31, 6 - 9,05, 7 - 21,8, 8 - 39,54 г/см².

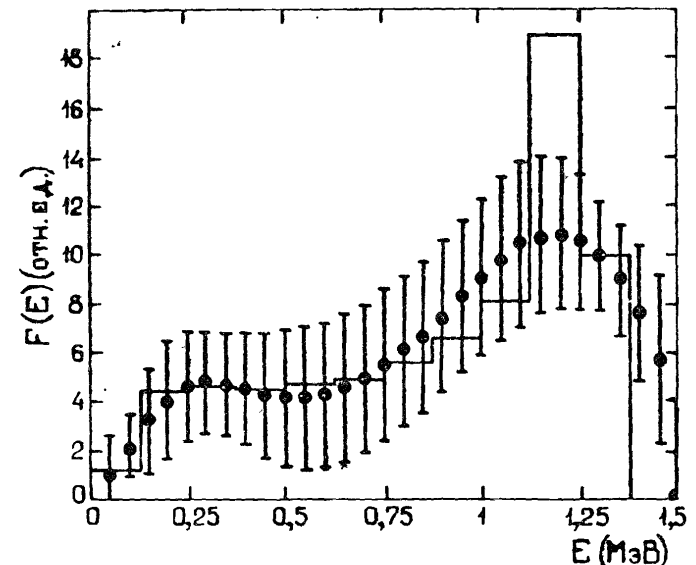


Рис.2. Результаты моделирования по восстановлению спектра фотонов $Co-60$ за железным барьером толщиной 4 свободных пробега, гистограмма - расчет Монте-Карло по программе ETRAN -16.

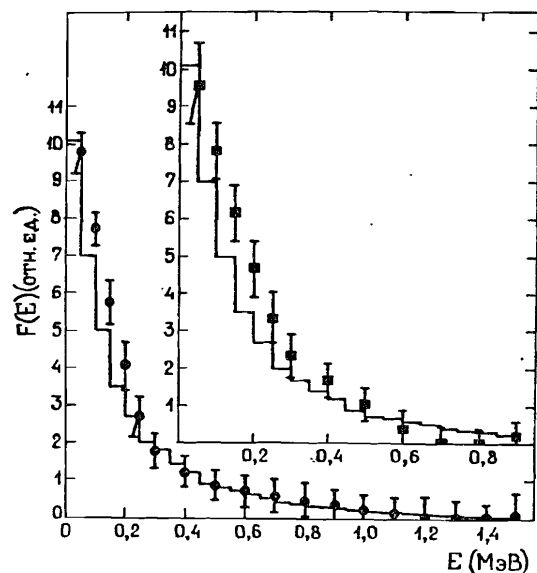


Рис.3. Восстановление тестового спектра тормозного излучения электронов с энергией 1,5 МэВ, бомбардирующих алюминиевую мишень. Гистограмма - спектр из [II]. Вспомогательный рисунок - спектр, восстановленный по искаженным на 5% значениям реакции детекторов.

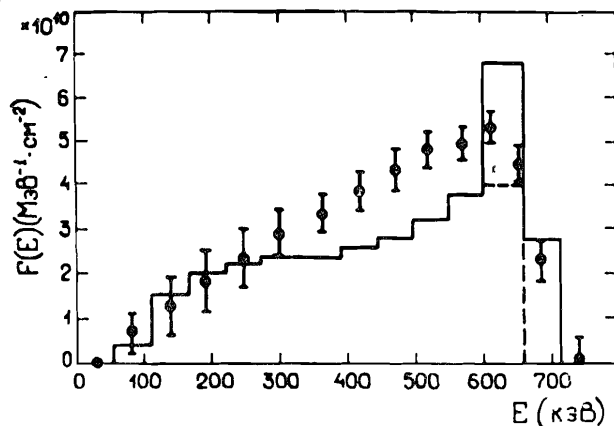


Рис.4. Восстановленный в лабораторных условиях спектр излучения ^{137}Cs , ослабленного железным барьером толщиной 4 свободных пробега. Гистограмма - расчет методом Монте-Карло по программе *ETRAM*-16. Пунктир - вклад рассеянного излучения в интервал, содержащий нерассеянный компонент.

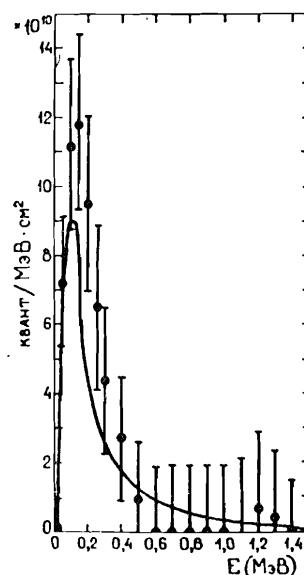


Рис.5. Восстановленный на ускорителе спектр тормозного излучения электронов с энергией 1,5 МэВ, бомбардирующих медную мишень. Кривая - спектр из [II].

4 длины свободного пробега, рассчитанный программой *ETRAM*-16 [9-10], и спектр тормозного излучения электронов с энергией 1,5 МэВ, бомбардирующих алюминиевую мишень [II].

Результаты моделирования показаны на рис. 2 и 3. На рис. 3 демонстрируется устойчивость восстановления спектра относительно 5% искажения показаний детекторов.

В лабораторных условиях и на ускорителе реализованы и восстановлены спектр фотонов изотропного источника ^{137}Cs за пластиной железа толщиной 4 длины свободного пробега и спектр тормозного излучения электронов с энергией 1,5 МэВ, бомбардирующих медную мишень. Спектр фотонов от источника ^{137}Cs за железной защитой рассчитан с помощью программы *ETRAM*-16 и реализован в лабораторных условиях, а спектр тормозного излучения заимствован из [II] и реализован на ускорителе ЛИУ-3000. Параметры пучка электронов: энергия 1,5 МэВ, ток 60 А, длительность импульса 200 нс, частота 1 Гц.

Сравнение восстановленных и исходных спектров представлено на рис.4 и 5. Восстановленные спектры воспроизводят форму реальных спектральных распределений. Погрешность восстановления дифференциальных значений спектров не превышает нескольких десятков процентов. Интегральные характеристики, такие, как поток, доза, определенные по восстановленному спектру, согласуются с исходными в пределах 15%.

Демонстрация восстановления спектров фотонов в диапазоне энергий до 1,5 МэВ с помощью ТЛД указывает на возможность преодоления трудностей восстановления энергетических распределений фотонов короткой длительности в области допороговых энергий для фотоядерных реакций, а также на перспективу использования для этих целей комбинации ТЛД, помещенных в поглотители, и активационных детекторов, пороги реакций которых превышают 1 МэВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куделин К.М. ПТЭ, № 6, с.187-188, 1973.
2. Зверев С.А. и др. Препринт ФИАН № 96, Москва, 1980.
3. Дементьев В.Н. и др. В кн.: Экспериментальные методы ядерной физики, вып.3. Под ред. В.М.Колобашкина. Атомиздат, М., 1979.
4. Calzado A., a.o. Nucl. Instr. and Meth., 225(1), 232-239, 1984.
5. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М., Наука, 1979.
6. Туровцева Л.С. Препринт ИИМ АН СССР, М., 1975.
7. Комочков М.М., Цовбун В.И.. ОИЯИ, Р16-81-330, Дубна, 1981.
8. Цовбун В.И., Хеннигер Ю., Хо Ки Хон. ОИЯИ, Р16-83-901, Дубна, 1983.
Также: Journal of Radioanal. Nucl. Chem., Letters, 86(2), 105-110, 1984.
9. Berger M.J., Seltzer S.M. Phys. Rev., 20, 621-631, 1970.
10. Цовбун В.И. ОИЯИ, Р16-III32, Дубна, 1977.
11. Edelsack E.A., a.o. Health Physics 4, 1-15, 1960.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 июля 1987 года.

Хо Ги Хон, Цовбун В.И.

Р16-87-589

О возможности восстановления энергетических распределений полей фотонов короткой длительности с граничной энергией ~ 1 МэВ с помощью термолуминесцентных детекторов

Математическим моделированием и экспериментально показана возможность восстановления энергетических распределений полей фотонов с помощью ТЛД из BaSO₄(Dy), CaSO₄(Dy) LiF, помещенных в различные поглотители. Восстановлены спектры тормозного излучения электронов короткой длительности с энергией 1,5 МэВ и спектр ослабленного железным барьером излучения Cs-137. Точность восстановления дифференциальных величин - несколько десятков процентов.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Kho Gi Khon, Tsovbun V.I.

P16-87-589

About Unfolding Possibility of Short Pulse Photon Energy Spectra with 1 MeV Boundary Energy Using Thermoluminescent Detectors

A possibility of unfolding photon energy spectra was shown using TLD from BaSO₄(Dy), CaSO₄(Dy) and LiF placed in different absorbers. Bremsstrahlung short pulse spectrum with boundary energy of 1.5 MeV and Cs-137 after 4 mfp Fe absorber spectrum were unfolded. Accuracy of unfolded differential values was about several ten percent.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987