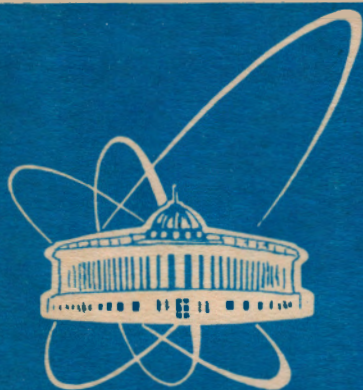


529-95



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

95-529

18-95-529

Г.Н.Зорин, А.В.Стрелков, С.П.Третьякова, А.М.Воинов<sup>1</sup>,  
В.М.Горбачев<sup>1</sup>, Б.А.Емельянов<sup>1</sup>, Р.Илич<sup>2</sup>, Ю.Скварч<sup>2</sup>

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ  
ТЕРМОЯДЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ В УСЛОВИЯХ  
ВЫСОКОГО ФОНА АТОМНОГО РЕАКТОРА

Направлено в журнал «Атомная энергия»

<sup>1</sup>ВНИИЭФ, Арзамас-16, Россия

<sup>2</sup>Университет, Лаборатория нейтронной физики, Любляна, Словения

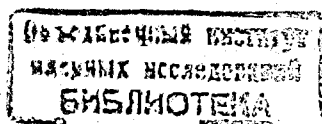
Для проектирования макета термоядерного размножителя нейтронов осколками деления (ТЕРАНОД) [1], с помощью которого возможно моделирование процессов разогрева и поджига ( $d, T, {}^{235}\text{U}$ )-плазмы осколками деления, инициируемого тепловыми нейтронами импульсного атомного реактора [2,3], необходимо экспериментально установить нижнюю границу регистрации термоядерных нейтронов (~14 МэВ) (ТН).

Анализ работоспособности современных детекторов указывает, что наиболее перспективными для решения поставленной задачи могут быть полимерные диэлектрические детекторы (ДД) [4], различные виды которых отличаются по чувствительности. В данной работе были опробованы 2 детектора: полиэтиленерефталат  $(\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_4)_n$  (ПЭТФ) и полиаллилликолькарбонат  $(\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_7)_n$  (ПАГК), обладающие различной чувствительностью. ПЭТФ регистрирует ионы  ${}^{12}\text{C}$   $E \leq 12$  МэВ, а ПАГК ионы  ${}^4\text{He}$  до 100 МэВ.

При прохождении через полимерные ДД быстрые нейтроны в результате взаимодействия с ядрами полимера (Н, С, О) вызывают появление треков ядер отдачи (рассеяние) и заряженных частиц (ядерные реакции). В таблице представлены основные реакции под действием нейтронов 14 МэВ, из сечения [5,6] и значения эффективных порогов реакции [6].

Таблица

Тип реакции	Сечение реакции, мб	Эффективный порог, МэВ
${}^{12}\text{C}(n, n'){}^{12}\text{C}$	$243 \pm 35$	~5,0
${}^{12}\text{C}(n, n){}^{12}\text{C}$	$785 \pm 30$	упругое рассеяние
${}^{12}\text{C}(n, \alpha){}^9\text{Be}$	$62 \pm 15$	~5,8
${}^{12}\text{C}(n, n')3\alpha$	$202 \pm 30$	9,6
${}^{16}\text{O}(n, n'){}^{16}\text{O}$	~500	~10,0
${}^{16}\text{O}(n, n){}^{16}\text{O}$	~870	упругое рассеяние
${}^{16}\text{O}(n, \alpha){}^{13}\text{C}$	~150	3,1
${}^{16}\text{O}(n, p){}^{16}\text{N}$	~35	11,0
${}^1\text{H}(n, n){}^1\text{H}$	~750	упругое рассеяние



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

**Облучение.** Для выбора метода надежной идентификации 14 МэВ нейтронов, указанные детекторы были откалиброваны на нейтронном генераторе нейтронами с энергией 14 МэВ и флюенсом  $10^8$  и  $10^{10}$  нейтронов на  $\text{см}^2$  (Арзамас-16) [7].

Для увеличения эффективности регистрации использовался полиэтиленовый радиатор толщиной до 2 мм, который располагался с одной стороны каждого детектора.

**Химическая обработка детекторов.** После облучения для выявления треков под оптическим микроскопом детекторы травились в 20% растворе NaOH при 60°C (ПЭТФ) и 70°C (ПАГК) в течение 3 часов.

Треки анализировались с помощью оптического микроскопа при увеличении 20×15.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Ядра отдачи в ПЭТФ** при облучении 14 МэВ нейтронами имеют пробег ~4 мкм. При указанном режиме травления они имеют почти круглую форму диаметром ~1,5 мкм. При облучении ПЭТФ флюенсом нейтронов  $1,5 \cdot 10^{10}$  нейтр./ $\text{см}^2$  было зарегистрировано  $2,9 \cdot 10^3$  треков/ $\text{см}^2$ . Чувствительность метода составила ~  $10^{-7}$  треков/нейтр

**Альфа-частицы.** Из таблицы видно, что имеется, по крайней мере, три реакции на быстрых нейтронах, в результате которых образуются  $\alpha$ -частицы. Для флюенса нейтронов- $\text{см}^{-2}$  было наблюдеено  $3 \cdot 10^4$  треков альфа-частиц- $\text{см}^{-2}$ , что означает чувствительность  $3 \cdot 10^{-4}$  трека на нейтрон. Однако эффективный порог для них различен и идентифицировать нейтроны с  $E = 14$  МэВ по одиночным трекам затруднительно. Поэтому исследовалась реакция  $^{12}\text{C}(n, n')^3\alpha$  с эффективным порогом регистрации 9,6 МэВ и характерным видом зарегистрированных событий (рис.1) [8]. Максимальная чувствительность регистрации триплетов при облучении ПАГК 14 МэВ нейтронами составила ~  $1,4 \cdot 10^{-7}$  событий/ $\text{см}^2$ . Кроме характерного вида треков триплетов  $\alpha$ -частиц реакции  $^{12}\text{C}(n, n')^3\alpha$ , имеется возможность измерить пробеги  $\alpha$ -частиц и определить их энергию, а также углы вылета. Используя законы сохранения энергии и импульса, можно определить энергию падающего нейтрона [9].

Для более точного выделения полосы 14 МэВ нейтронов можно дополнительно анализировать две реакции:  $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$ , которая позволяет определить вклад нейтронов до 12 МэВ и  $^{16}\text{O}(n, n')^4\alpha$ , которая имеет эф-

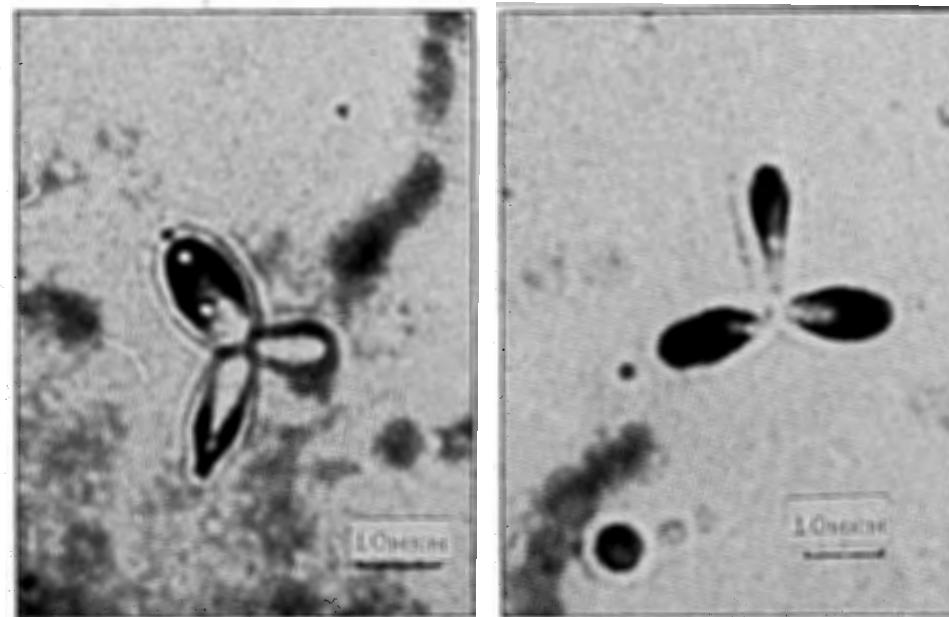


Рис.1. Микрофотография триплета треков  $\alpha$ -частиц в ПАГК для реакции  $^{12}\text{C}(n, n')^3\alpha$  при энергии нейтронов в 14 МэВ и флюенсе  $10^{10}$  н/ $\text{см}^2$ .

фективный порог 15,4 МэВ. В результате первой реакции необходимо фиксировать треки протонов, а второй — четырехлучевые звезды треков  $\alpha$ -частиц. Кроме того, используя тонкие радиаторы и металлические поглотители различной толщины, находящиеся между радиатором и детектором ПАГК, можно изучить спектр нейтронов до 14 МэВ [10].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зорин Г.Н., Воробьев Е.Д. — Препринт ОИЯИ 15-92-375, Дубна, 1992.
2. Воинов А.М. и др. — ВАНТ, серия: физика ядерных реакторов, вып. 3, 1990, с.3.
3. Кувшинов М.И. и др. — ВАНТ, серия: импульсные реакторы и простые критические сборки, вып.1, 1988, с.3
4. Третьякова С.П. — ЭЧАЯ, 1992, т.23, вып.2, с.364.
5. Bradly et al. — Fast-neutron — induced track formation in LR-15 and CR-39. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 1986, vol.11, Nos.4/5, p.205.
6. Neutron cross sections, 1988, vol.2, Academic Press, INC ed. V.Mchane, C.L.Dunford, P.F.Rose.

7. Источник нейтронов ОИ-Г-18 на основе нейтронного генератора НГ-150 ВНИИЭФ, предназначенный для воспроизведения единиц плотности потока и флюенса нейтронов с энергией 14,75 МэВ. Свидетельство о государственной метрологической аттестации №430/3026-02 Центр метрологии ионизирующих излучений.
8. S.A.R.-Najjar, Abdel-Nady A., Durrani S.A. — Fast-neutron spectrometry using the triple- $\alpha$  reaction in the CR-39 detector, 1986. Nuclear Tracks. Vol.12, Nos.1—6, p.611.
9. Сборник лабораторных работ по ядерной физике, ред. К.Н.Мухин, М.: Атомиздат, 1979, гл.4, с.146.
10. Cross W.G. — Characteristics of track detectors for personnel neutron dosimetry. Nucl. Tracks, 1986, vol.12, Nos.1—6, p.533.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 декабря 1995 года.

Зорин Г.Н. и др.

18-95-529

Изучение возможности регистрации термоядерных нейтронов в условиях высокого фона атомного реактора

Проведена экспериментальная оценка возможности регистрации термоядерных нейтронов с энергией 14 МэВ диэлектрическими детекторами по характерному виду триплета треков альфа-частиц, образующихся в результате пороговой реакции  $^{12}\text{C}(n, n')3\alpha$ .

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Перевод авторов

Zorin G.N. et al.

18-95-529

Estimation of a Possibility of Thermonuclear Neutrons Registration in Conditions of High Background of Atomic Reactor

The experimental estimation of a possibility of thermonuclear neutrons registration with  $E = 14$  MeV by dielectric detectors according to characteristic view of alpha-particle track triple formed as the result of the background  $^{12}\text{C}(n, n')3\alpha$  reaction was performed.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1995