

# Черенковский детектор для метода «затянутой регистрации»

И. В. САНИН, Г. Н. МАРКОВ, Н. Г. ИВЧЕНКО

УДК 539.1.074.4

При исследовании работы импульсных нейтронных источников удобным методом определения выхода нейтронов является метод «затянутой регистрации» [1]. Выход нейтронов при использовании этого метода определяется по  $\gamma$ -излучению, возникающему при захвате водородом или кадмием нейтронов, замедленных в окружающем кристалл сцинтилляционного счетчика парафине. Метод затянутой регистрации обеспечивает высокую эффективность регистрации нейтронов ( $\sim 0,1-0,05$  нейтр/см<sup>2</sup>) и позволяет проводить количественные измерения при очень коротких длительностях нейтронного импульса; применяя этот метод, можно практически освободиться от всякого рода помех, сопровождающих нейтронный импульс.

В настоящей работе изложены результаты экспериментального исследования детектора МЗР, в котором используется свечение Черенкова для регистрации комптоновских электронов, возникающих при взаимодействии захватного  $\gamma$ -излучения с водой. Нейтроны замедляются водой и захватываются водородом и веществами, соли которых в ней растворены.

Граничная энергия электронов, при которой происходит испускание свечения Вавилова — Черенкова, определяется из соотношения [2, 3]

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n},$$

где  $\beta = \frac{v}{c}$ ;  $n$  — показатель преломления среды, а  $\theta$  — половина угла при вершине светового конуса. Для воды  $n \approx 1,33$  и угол  $\theta = 0$  соответствует энергии электронов  $\sim 0,2$  Мэв. Это позволяет использовать черенковское свечение для регистрации  $\gamma$ -квантов с энергией более 0,5 Мэв [4].

Расчет [2] показывает, что электроны с энергией  $\sim 10$  Мэв на пути в 1 см в воде дают столько фотонов, что в фотоумножителе с диаметром фотоатода 150 мм на расстоянии 1 м попадает  $\sim 5$  фотонов. Фотоумножитель и усилитель должны работать в режиме регистрации одноэлектронных импульсов, так как число фотонов для захватного  $\gamma$ -излучения водорода ( $E_\gamma \approx 2,23$  Мэв) составляет несколько десятков.

Увеличение чувствительности детектора к нейтронам проводится путем растворения солей веществ — поглотителей нейтронов типа кадмия и хлора, обладающих большими сечениями захвата, чем водород, а также большими энергиями захватного излучения и несколькими  $\gamma$ -квантами на акт захвата. Так, для  $\text{Cl}^{36}$  число  $\gamma$ -квантов с энергией выше 2,51 Мэв составляет  $\sim 118$  при сечении  $\sim 33$  барн, а для кадмия для энергий выше 2,15 Мэв — 35 при сечении  $\sim 2500$  барн [5] (на сто захваченных нейтронов). Оценки образования пар для квантов с энергией до 9 Мэв показывают, что этот процесс в семь раз менее вероятен, чем комптоновское рассеяние со средней энергией электронов  $\sim 6,1$  Мэв [6].

Увеличение эффективности детектора в целом достигается путем увеличения его объема, так как распределение черенковского свечения постоянно для всех частот, а поглощение его раствором происходит в отдельных областях спектра.

В качестве черенковского детектора использовалась стеклянная кювета с налитой в нее водой в количестве 27 л с растворенными в ней 1,4 кг соли  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ .

Геометрические размеры объема, занимаемого раствором,  $230 \times 300 \times 380$  мм. Фотоумножитель опускается в центр кюветы. Весь счетчик помещается в железный ящик.

Результаты измерений с импульсным нейтронным источником за время 300 мксек приведены в таблице. Монитором выхода нейтронов служил счетчик  $\beta$ -излучения, завернутый в серебряную фольгу и помещенный в парафин, подобно описанному в работе [1].

## Результаты измерений с импульсным источником нейтронов

Радиатор	Полный выход нейтронов за время измерения	Число импульсов, зарегистрированных детектором	Поток нейтронов на 1 см <sup>2</sup> , дающий 1 импульс в детекторе	Относительная эффективность
$\text{CuSO}_4$ (0,9 кг на 27 л)	$2,7 \cdot 10^7$	490	0,3	1
$\text{NaCl}$ (4 кг на 27 л)	$1,5 \cdot 10^6$	311	0,03	10
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (1,4 кг на 27 л)	$2,92 \cdot 10^6$	386	0,04	7
$\text{H}_2\text{O}$ (27 л)	$2,4 \cdot 10^6$	101	0,15	2

Как видно из таблицы, наибольшей эффективностью обладают растворы  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaCl}$ . Полученные результаты объясняются тем, что время жизни нейтронов меньше в растворах  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ , однако число  $\gamma$ -квантов с энергией выше 2 Мэв на 1 захваченный нейтрон больше для ядер  $\text{Cl}^{36}$ .

Авторы выражают свою благодарность С. Е. Саниной и С. В. Самылову за полезные обсуждения и Ф. И. Вечерук за помощь в измерениях.

Поступило в Редакцию 18/IX 1968 г.  
В окончательной редакции 17/II 1969 г.

## ЛИТЕРАТУРА

- В. М. Горбачев, Ю. С. Замятин. «Атомная энергия», III, 101 (1957).
- Принципы и методы регистрации элементарных частиц. Под ред. Люк К. Л. Юан и Ву Цзянь-сюн. М., Изд-во иностр. лит., 1963.
- Дж. Делли. Черенковское излучение и его применение. М., Изд-во иностр. лит., 1960.
- Ю. А. Егоров. Сцинтилляционный метод спектрометрии гамма-излучения и быстрых нейтронов. М., Госатомиздат, 1963.
- Л. В. Грошев и др. Атлас спектров  $\gamma$ -лучей радиационного захвата тепловых нейтронов. М., Атомиздат, 1958.
- О. И. Лейпунский, Б. В. Новожилов, В. Н. Сахаров. Распространение гамма-квантов в веществе. М., Физматгиз, 1960.