

Загрязненность конструкционных материалов сцинтилляционных детекторов γ -излучения естественными радиоактивными элементами

Г. С. СЕМЕНОВ, А. П. ГРУМБЕКОВ

УДК 539.107.43:539.16.07

Одним из основных факторов, определяющих нижний предел чувствительности радиометрических приборов, является собственный фон детектора, обусловленный космическим излучением (постоянным в первом приближении) и загрязненностью материалов детекторов естественными радиоактивными элементами.

Известно также, что относительное качество γ -спектрометров [1] прямо пропорционально квадратам эффективности регистрации γ -квантов, разрешающей способности (светосиле) и обратно пропорционально величине интенсивности фона.

Снижение собственного фона детекторов особенно актуально при использовании монокристаллов большого объема, так как наряду с ростом эффективности регистрации исследуемого γ -излучения увеличивается вклад в фон излучения конструкционных материалов.

В работах [1—4] рассматриваются способы снижения составляющих фона. Использование защиты детекторов из слоев тяжелых элементов (ртуть, свинец, медь, сталь и пр.) приводит к снижению фона в пять—десять раз. Однако очень трудно уменьшить оставшуюся часть фона, обусловленную загрязнениями в самом детекторе и защите, а также космическим излучением. Мезонный фон (космическое излучение) может быть существенно уменьшен, если применять специальные защитные детекторы, включенные на антисовпадения с измерительным детектором.

Исследование составляющих фона для монокристалла подистого натрия размером 30×40 мм в защите из железа (толщина 20 см) и ртути (толщина 1,3 см) показывает, что около 30% фона определяется космическим излучением [1]. Оставшаяся часть обусловлена загрязнениями колб фотоэлектронных умножителей, наличием калия и следов радия в кристалле, покровном стекле контейнера кристалла, материале контейнера и отражателя.

Имеющиеся литературные данные по загрязнениям материалов естественными радиоактивными элементами [1, 2, 4, 5] носят качественный характер или

Фон спектрометров

Таблица 1

Прибор	Энергия, Мэв	Фон, имп/мин
Установка ЛСУ-5к	0,20—0,26	38,0 $\pm$ 0,8
	0,28—0,38	28,0 $\pm$ 0,6
	1,30—1,60	8,0 $\pm$ 1,0
Однокристалльный спектрометр	1,30—1,60	30,0 $\pm$ 0,5
	1,65—1,85	8,0 $\pm$ 0,6
	2,40—2,90	7,0 $\pm$ 0,6

Содержание радия, тория и K^{40} в конструкционных материалах сцинтилляционных детекторов

Таблица 2

Материал	K^{40} , $\times 10^{-6}$ г/г	Ra, $\times 10^{-14}$ г/г	Th, $\times 10^{-6}$ г/г	Превышение интенсивности над фоном в области энергии 0,2—3,0 Мэв, имп/мин *	Количество анализируемого вещества, г	Время измерений, мин
Стекло ФЭУ-19, ФЭУ-24, ФЭУ-29	7,3 $\pm$ 0,1	17,0 $\pm$ 2,0	0,1 $\pm$ 0,1	170 $\pm$ 0,5	250	480
Слюда диодной системы ФЭУ-29	15,2 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 2,0	1,7 $\pm$ 0,1	19 $\pm$ 0,4	30	600
Металл диодной системы ФЭУ-29	0	0	0	0	200	480
Фронтальное стекло ФЭУ-49	4,2 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 2,0	0,7 $\pm$ 0,1	83 $\pm$ 0,6	230	480
Диодная система ФЭУ-13, ФЭУ-49	Следы	0	0	3 $\pm$ 1,0	180	480
Стекло ФЭУ-13	4,4 $\pm$ 0,1	6,0 $\pm$ 2,0	0,2 $\pm$ 0,1	105 $\pm$ 0,5	105	480
Окись магния	0,1 $\pm$ 0,1	18,0 $\pm$ 2,0	0	8 $\pm$ 0,8	70	600
Окись магния **	Следы	Следы	—	—	—	—
Стальной брус **	—	—	—	50—600	—	—
Стальной брус (шлифованный) **	—	—	—	5—50	—	—
Защита счетчика (свинец) ***	Следы	Следы	Следы	—	—	—
Кристалл, контейнер, стекло	»	»	»	—	—	—
Покровное стекло К-8 контейнера кристалла	2,8 $\pm$ 0,1	»	»	36 $\pm$ 1,0	259	480

* Результаты измерений суммы интенсивности фотопииков.

** Данные работы [2].

*** Данные работы [6].

определяют интегральное распределение фоновых импульсов в интервале 0,2—3,0 Мэв. Попытки оценить вклад собственного фона в результаты измерений при помощи жидких сцинтилляционных счетчиков проводились ранее [3]. Однако на основании результатов по суммарной β — γ -активности нельзя определить содержание и вклад в γ -фон естественных радиоактивных элементов. Поэтому не представлялось возможным провести сравнение активности γ -излучения и содержания излучателей с интегральными распределениями β — γ -активностей.

Метод γ -спектроскопии позволяет по энергетическому γ -спектру одновременно определять наличие нескольких γ -излучателей. Нами были определены содержания радиоактивных элементов в стекле колб серийных фотоумножителей (ФЭУ-13, ФЭУ-24, ФЭУ-29, ФЭУ-49), слюдяных держателях, металлических частях и собственно диодных системах. Оценочные измерения проведены на установке ЛСУ-5к [6] и однокристалльном спектрометре с монокристаллом иодистого натрия размером 100×100 мм с колодцем размером 30×60 мм в сочетании с ФЭУ-49 на базе анализатора АИ-100. Содержание Th, Ra и K^{40} определялось на установке ЛСУ-5к по линиям ThB (238 кэв), Ra(B + C) (300—360 кэв) и K^{40} (1,46 Мэв) и на однокристалльном спектрометре по γ -линиям K^{40} (1,46 Мэв), RaC' (1,76 Мэв) и ThC' (2,62 Мэв). Значения фона спектрометров для различных энергий приведены в табл. 1.

Методика определений концентраций предусматривала многократные, длительные (до 8 ч) измерения двух видов. В низкоэнергетической части спектра регистрировались γ -линии ThB, Ra(B + C) и K^{40} по трехкомпонентной методике [6]. Измерения на однокристалльном спектрометре по γ -линиям K^{40} , RaC' и ThC' проводились дважды по 8 ч. Два аппаратурных γ -спектра усреднялись графически и по получен-

ному спектру, после вычитания собственного фона спектрометра, по площадям фотопиков определяли содержание анализируемых радиоактивных элементов.

Результаты измерений сведены в табл. 2*, там же приведены литературные данные. Анализ результатов таблицы показывает, что основной вклад в собственный фон детектора вносят стекло, слюда фотоэлектронных умножителей и материал защиты. Наиболее «чистыми» от загрязнений естественными радиоактивными элементами являются ФЭУ-13 и ФЭУ-49. Основная активность стекла обусловлена наличием в стекле калия. Содержание радия в стекле и отражателе (MgO) также существенно увеличивает собственный фон детектора.

Поступило в Редакцию 18/X 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Г. Мэннов. В сб. «Метрология ионизирующих излучений». М., Госатомиздат, 1962, стр. 192.
2. Ю. В. Сивинцев и др. Сборник работ по вопросам дозиметрии и радиометрии ионизирующих излучений. М., Атомиздат, 1966, стр. 71.
3. Д. Г. Флейшман, Л. Г. Шахидзян. «Приборы и техника эксперимента», № 1, 135 (1959).
4. S. R. Raby. Nucl. Instrum. and Methods, 9, 145 (1960).
5. С. А. Балдин. В кн. «Труды Союза научных-исследовательского института приборостроения». Вып. III. М., Атомиздат, 1966, стр. 11.
6. А. Л. Якубович. Ускоренный анализ минерального сырья с применением сцинтилляционной аппаратуры. М., Госатомиздат, 1963.

Гамма-радиометр для непрерывной регистрации низких уровней загрязненности морской воды

В. И. МОРОЗОВ, С. С. ПЕТРУСЕВ, Ю. П. ФЕДОРОВСКИЙ

УДК 543.52:539.107.43

Как известно [1], в результате ядерных испытаний в водах Мирового океана обнаружены следующие радиоактивные изотопы искусственного происхождения: Cs^{137} , $Sr^{90} + Y^{90}$, $Ru^{106} + Rh^{106}$, $Zr^{95} + Nb^{95}$, Zn^{65} , Co^{60} , Mn^{54} . Концентрации их незначительны, поэтому для измерений требуется высокочувствительная аппаратура. Чувствительность аппаратуры ограничена космическим излучением, собственным фоном датчика и содержанием K^{40} в морской воде.

Как видно из рис. 1, при заглублении датчика более чем на 5 м вклад космического излучения в диапазоне 60 кэв — 1,6 Мэв незначителен [датчик состоит из кристалла NaJ(Tl) размером 70×70 мм и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-56].

При определении радиоактивной загрязненности морской воды фоновые характеристики приборов снимаются заранее и учитываются при обработке результатов измерений [2]. Такой метод имеет несколько очевидных недостатков и является мало достоверным вследствие трудности воспроизведения условий измерений.

В рассматриваемом приборе применен метод компенсации фона, обусловленного γ -излучением K^{40} из элементов датчика [в основном из ФЭУ и кристалла NaJ(Tl)] и морской воды. Измерения проводятся путем раздельной, непрерывной регистрации двухщелевым дискриминатором γ -квантов в энергетическом диапазоне 60 кэв — 1,6 Мэв (первый канал дискриминации) и в диапазоне 1,4 — 1,6 Мэв (второй канал дискриминации) с последующей компенсацией фона K^{40} .

* В табл. 2 указаны максимальные ошибки измерений.

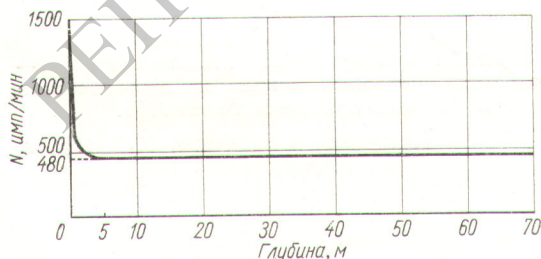


Рис. 1. Скорость счета датчика в зависимости от глубины погружения (8/IV 1966 г.)