



Нормированные копии оциллографических записей импульсов мощности дозы  $\gamma$ -излучения, зарегистрированных с помощью высокочастотного (1) и сцинтилляционного (2) детекторов при длительности импульса 40 нс

кочастотным и сцинтилляционным детекторами соответственно. Значение интегральной дозы определяли по показаниям высокочастотного  $D$  и термолуминесцентного  $D'$  детекторов, используя соотношение

$$D = kA_{\text{макс}} \tau, \quad (1)$$

где  $A_{\text{макс}}$  — максимальное значение  $A(t)$ ;  $k$  — фактор импульса мощности дозы, определяемый по формуле

$$k = \int_0^{\infty} A(t) dt/D'. \quad (2)$$

Результаты сравнений интегральных доз приведены в таблице. При этом в графе, соответствующей термолуминесцентному методу, представлены значения дозы, усредненные по показаниям двух-трех термолуминесцентных дозиметров ИКС-А, расположенных по цилиндрической поверхности высокочастотного детектора. Дозы импульсного ионизирующего излучения, определенные по показаниям высокочастотного и термолуминесцентного детекторов, совпадают в пределах 30%.

Поскольку при многократном повторении экспериментов различимый разброс показаний высокочастотного детектора практически отсутствовал, приведенные в таблице отклонения показаний высокочастотного и термолуминесцентного детекторов целиком обусловлены разбросом показаний термолуминесцентных дозиметров.

Анализ нормированных кривых временной зависимости мощности дозы  $\gamma$ -излучения, зарегистрированных высокочастотным и сцинтилляционным детекторами, показал, что наблюдаемые различия лежат в пределах погрешностей эксперимента, которые определяются в основном погреш-

Дозы тормозного излучения, зарегистрированные высокочастотным и термолуминесцентным дозиметрами ИКС-А

Номер опыта	$D \cdot 10^4$ , Кл/кг	$D' \cdot 10^4$ , Кл/кг	$D/D'$	Номер опыта	$D \cdot 10^4$ , Кл/кг	$D' \cdot 10^4$ , Кл/кг	$D/D'$
1	2,2	2,0	1,1	6	3,0	2,5	1,2
2	2,4	2,0	1,2	7	25	20	1,3
3	2,3	3,3	0,7	8	28	30	0,9
4	2,3	2,2	1,0	9	38	34	1,1
5	3,0	2,7	1,1				

ностью оциллографического регистратора (~10%). Более медленный спад импульса на выходе сцинтилляционного детектора объясняется наличием медленных компонентов у импульсной характеристики пластмассового сцинтиллятора [7] и, возможно, различным «ходом с жесткостью» испытываемых детекторов. В заключение отметим, что временное разрешение высокочастотного метода оценивается равным примерно 10 нс [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Капинос В. Н. и др. «Метрология и точные измерения», 1970, № 2, с. 21.
- Капинос В. Н., Медведев Ю. А. В кн.: Междунар. научно-техн. конф. стран — членов СЭВ по научным приборам «Научприбор СЭВ-78». Тезисы докл. М., изд. ЦНИИтэи приборостроения, 1978, с. 170, 172.
- Капинос В. Н. и др. В кн.: Тезисы докл. Всесоюз. научно-техн. конф. «Современное состояние и перспективы развития высокоскоростной фотографии и кинематографии и метрологии быстротекущих процессов». М., Атомиздат, 1978, с. 118.
- Капинос В. Н., Медведев Ю. А., Степанов Б. М. Там же, с. 120.
- Капинос В. Н. и др. Там же, с. 121.
- Капинос В. Н., Медведев Ю. А. «Атомная энергия», 1979, т. 46, вып. 2, с. 112.
- Альбинов З. А., Веретенников А. И., Козлов О. В. Детекторы импульсных излучений. М., Атомиздат, 1978, с. 63.
- Шварц К. К. и др. Термолуминесцентная дозиметрия. Рига, «Зинатне», 1968, с. 56.

Поступило в Редакцию 03.07.79  
В окончательной редакции 27.08.79

УДК 539.125.5.08

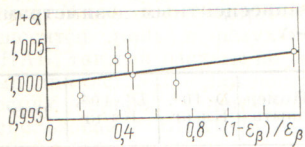
О некоторых поправках при измерении потоков нейтронов методом золотых фольг

СТУКОВ Г. М., ЯРИЦЫНА И. А.

Целью данной работы является определение с высокой точностью поправки на возмущение плотности потока тепловых нейтронов в воде методом золотых фольг в конкретных условиях измерения. Одновременно была найдена поправка к активности золота, измеренной методом  $4\lambda\beta$ -совпадений для фольг конечной толщины при эффективности  $\beta$ -счета ( $\epsilon_\beta$ ) меньше единицы. В опыте использовали набор фольг диаметром 20 мм и девятью различными значениями толщины от 1,6 до 47 мг/см<sup>2</sup>. Массу каждой фольги определяли с погрешностью не более 0,05%. Фольга каждой толщины облучалась дважды (в кадмиевом чехле толщиной 0,7 мм и без него) в баке с дистиллированной водой, в центре которого помещали источник нейтронов. Актив-

ность фольг измеряли на эталонной установке  $4\lambda\beta$ -совпадений. Предварительно была определена поправка к активности золота ( $1 + \alpha$ ) в зависимости от параметра  $f = (1 - \epsilon_\beta)/\epsilon_\beta$  [1], который изменяли путем экранирования самой тонкой из измеряемых фольг неактивными фольгами из золота различной толщины, при этом  $\epsilon_\beta$  менялось от 85 до 42%. Результаты эксперимента приведены на рис. 1. Метод наименьших квадратов позволяет найти искомую поправку к активности для любого значения  $(1 - \epsilon_\beta)/\epsilon_\beta$  (прямая на рис. 1). Полученную зависимость использовали в дальнейшем для нахождения истинной активности золотых фольг при измерениях на установке  $4\lambda\beta$ -совпадений.



Рис. 1. Зависимость поправки к активности золота от параметра  $(1 - \epsilon_\beta)/\epsilon_\beta$ 

Удельная активность  $^{198}\text{Au}$  ( $A_T$ ), обусловленная тепловыми нейтронами, для каждой фольги определяется по обычной формуле кадмиевой разности, а искомая поправка на возмущение для каждой толщины фольги может быть вычислена из выражения

$$K = A_T/A_0, \quad (1)$$

где  $A_0$  — удельная активность бесконечно тонкой фольги, соответствующая невозмущенной плотности потока тепловых нейтронов.  $A_0$  можно определить путем экстраполяции имеющихся значений  $A_T$  к нулевой толщине фольги  $t = 0$ . Однако удобнее экстраполировать к  $t = 0$   $1/A_T$ , так как в этом случае аппроксимирующая функция получается линейной и можно применить метод наименьших квадратов. Согласно работе [2], мы имеем:

$$K = \frac{A_T}{A_0} = \frac{\bar{\Phi}_0}{2\mu at} \frac{1 + \epsilon}{1 + (\Phi_0/2)g}; \quad (2)$$

$$\frac{\bar{\Phi}_0}{2\mu at} \approx \frac{\Phi_0(\mu at)}{2\mu at}; \quad (3)$$

$$\Phi_0(\mu at) \approx \frac{2\mu at}{1 + 2\mu at} \quad (\text{для } \mu at < 1). \quad (4)$$

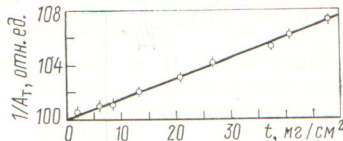


Рис. 2. Зависимость величины, обратной удельной активности золотой фольги, от толщины этой фольги

Подставив в уравнение (2) формулы (3) и (4), получим

$$1/A_T = (1/A_0) + Bt, \quad (5)$$

где  $t$  — толщина фольги;  $B$  — коэффициент пропорциональности.

С применением уравнения (5) результаты были обработаны методом наименьших квадратов (рис. 2). Получено значение  $A_0$  с погрешностью 0,1%.

Таким образом, была определена поправка на возмущение плотности потока тепловых нейтронов золотыми фольгами в воде в условиях, часто встречающихся на практике, когда плотность потока меняется с изменением расстояния между источником и фольгой. При этом существенно снижена погрешность этой поправки. Так, например, для фольг толщиной 20 мкм ( $39 \text{ мг/см}^2$ ), чаще всего применяемых при измерениях потоков нейтронов на установке УЭН-3, она составляла 0,2%. Уменьшение погрешности этой поправки позволило существенно повысить точность абсолютного измерения потока нейтронов методом активации золотых фольг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baerg A., «Metrologia», 1966, N 2, p. 23.
2. Беркуц К., Виртц К. Нейтронная физика. М., Атомиздат, 1968.

Поступило в Редакцию 26.06.79

УДК 621.039.66.667

## Определение содержания лантана, церия, празеодима и неодима в растворах рентгеноспектральным методом на приборе СРФ-5

КРАСИЛЬНИКОВ И. М., СКОРОВА И. Д., ШОЛОМОВ А. В., КОНСТАНТИНОВ П. А., МАТЮШИН А. П.

Автоматическое регулирование процессов экстракционного разделения сложных смесей редкоземельных элементов (РЗЭ) предусматривает проведение экспрессного контроля содержания трех-четырех различных РЗЭ на определенных этапах технологического процесса.

Для такого контроля был использован рентгеноспектральный метод [1]. Измерения проводили на рентгеновском флуоресцентном спектрометре СРФ-5 по K-серии характеристического излучения РЗЭ, так как малые значения энергии характеристического излучения L-серии (4,6—7,6 эВ) существенно осложнили бы проведение экспресс-анализа [2]. Преимущества использования характеристического излучения K-серии для анализа РЗЭ отмечались и ранее [3]. Чтобы избежать наложения «хвостов», при определении одного из РЗЭ (диапазон измеряемой концентрации 0,05—30 г/л, содержание суммы варьируется от 1 до 300 г/л) необходимо высокое разрешение спектрометрического устройства, которым и обладает прибор СРФ-5. Хотя СРФ-5 для учета матричного эффекта снабжен обтюрирующим устройством, позволяющим применить методику стандарт—фон, в данном случае ее использовать нельзя, так как удельная интенсивность сигнала и фона при вариациях состава матрицы изменяется неодинаково. Например, определение лантана, церия, празеодима по методу стандарт—фон приводит к отклонению результатов анализа от истинного значения на 35—55%. Изучение составляющих фонового излучения требует

отдельного рассмотрения. Однако сравнительно высокая энергия характеристического излучения K-серии лантана, церия, неодима, празеодима и близость их абсорбционных характеристик явились предпосылкой возможности введения поправок на результат измерения с помощью оценки изменения поглощающих свойств исследуемых проб и стандартных образцов.

Такая оценка проводится дополнительным сцинтилляционным счетчиком, регистрирующим узкий (диаметром 1,5 мм) пучок первичного излучения рентгеновской трубки и просвечивающим кювету с анализируемым раствором. Электрические сигналы от сцинтилляционного счетчика дискриминируются одноканальным амплитудным анализатором в области энергии  $\sim 40$  кэВ и передаются на пересчетное устройство. Если учесть, что энергетическое разрешение сцинтилляционного счетчика с кристаллом NaI (Tl) (толщина 10 мм) 30—40% для энергии  $\sim 35$  кэВ, то можно принять, что счетчик регистрирует излучение энергией 30—40 кэВ. В этот диапазон энергии попадает характеристическое излучение  $K_{\alpha_1}$ -линий церия, лантана, празеодима, неодима. Таким образом, при помощи дополнительного счетчика определяется изменение поглощающих свойств исследуемых проб в области энергии характеристического излучения анализируемых элементов.

Продолжительность измерения интенсивности  $K_{\alpha_1}$ -линий РЗЭ на СРФ-5 и дополнительного просвечивания со-