

## Низкоэнергетические $\gamma$ -переходы в $\text{Pu}^{238}$ и $\text{Pu}^{240}$

Г. Г. Акалаев, Н. А. Вартанов, П. С. Самойлов

Радиоактивные ядра  $\text{Sm}^{242}$  и  $\text{Sm}^{244}$  при  $\alpha$ -распаде превращаются в долгоживущие изотопы  $\text{Pu}^{238}$  и  $\text{Pu}^{240}$ . Основные сведения об уровнях ядер  $\text{Pu}^{238}$  и  $\text{Pu}^{240}$  и излучениях этих изотопов даны в работах [1, 2]. Однако в этих работах не проведено сравнения коэффициентов внутренней конверсии (КВК)  $\gamma$ -переходов ядер плутония с полученными за последнее время теоретическими значениями КВК на  $L$ - и  $M$ -подоболочках атомов. Такое сравнение представляет интерес для выявления возможных аномалий КВК ускоренных  $E2$ -переходов сильно деформированных ядер [3].

В опубликованных работах не исследовался спектр  $\gamma$ -излучения изотопов  $\text{Sm}^{242}$  и  $\text{Sm}^{244}$ . Кроме того,

полезно проверить степень очистки кюрия от радиоактивных продуктов, образующихся в процессе его получения.

Чтобы получить указанные сведения, мы исследовали электронный и  $\gamma$ -спектры смеси изотопов кюрия на магнитном  $\beta$ -спектрометре с двойной фокусировкой на угол  $\pi\sqrt{2}$  [4] и на сцинтилляционном  $\gamma$ -спектрометре [5] с одним кристаллом  $\text{NaJ(Tl)}$  размером  $40 \times 40$  мм.

Препарат, содержащий смесь изотопов кюрия, был нанесен на покрытую полупрозрачным слоем аквадага целлулоидную пленку толщиной 0,1 мм в виде полоски размером  $1,5 \times 35$  мм. Окно счетчика размером  $2 \times 35$  мм было закрыто целлулоидной пленкой толщи-

Таблица 1

Интерпретация линий в электронном спектре  $\text{Pu}^{238}$  и  $\text{Pu}^{240}$

Номер линии в спектре	Энергия электронов, кэв	Оболочка конверсии	Энергия перехода, кэв	Интенсивность линии, отн. ед.	Примечание
3	21,05	$L_I$	44,45	27	Принадлежат $\text{Sm}^{242}$
4	21,82	$L_{II}$	44,08	45	То же
6	26,07	$L_{III}$	44,14	35	» »
9	38,08	$M_I$	44,01	2	» »
10	38,46	$M_{II} + M_{III} (\text{Sm}^{244})$	44,02	41	» »
11	39,58	$M_{III}$	44,14	18	» »
13	42,83	$N$	44,09	11	» »
		Среднее	44,09		» »
1	19,82	$L_I$	42,92	6; 5	Принадлежат $\text{Sm}^{244}$
2	20,62	$L_{II}$	42,88	69	То же
5	24,79	$L_{III}$	42,86	45	» »
7	36,89	$M_I$	42,82	4,4	» »
8	37,41	$M_{III} + M_{II} (\text{Sm}^{242})$	42,97	28	» »
12	41,68	$N$	42,88	12	» »
		Среднее	42,9		» »
$O_1$	Электроны Оже	$M_i - N_j N_k$	—	—	—
$O_2$	» »	$L_i - L_j M_k$	—	—	—
$O_3$	То же	$M_i - M_j M_k$	—	—	—
$O_4$	» »	$L_{III} - M_i M_j$	—	—	—
$O_5$	» »	$L_{III, II} - M_i M_j$	—	—	—
$O_6$	» »	$L_i - M_j M_k$	—	—	—
		$L_i - M_j N_k$	—	—	—

Таблица 2

Отношения коэффициентов внутренней конверсии  $E2$ -переходов с энергией 43 и 44 кэв для  $Z=94$

Отношение КВК	Теоретическое значение [6,7]	Экспериментальное значение					
		Настоящая работа		[2]		[3]	
		43 кэв	44 кэв	43 кэв	44 кэв	43 кэв	44 кэв
$L_I : L_{II}$	0,032	0,09	0,06	—	—	—	—
$L_{II} : L_{III}$	1,82	1,21	1,28	—	1,18	1,1	1,16 ÷ 1,27
$M_I : M_{II}$	0,053	0,07	0,085	—	—	—	—
$M_{II} : M_{III}$	1,13	1,25	1,3	—	1,9	1,1	1,23
$L : M : N$	2,27 : 1 : ?	2,3 : 1 : 0,22	2,24 : 1 : 0,25	—	1,85 : 1 : 0,16	2,4 : 1 : 0,3	2,5 : 1 : 0,3

ной 0,05 мк, которая позволяла регистрировать электроны начиная с энергии  $\sim 1$  кэв. Спектр электронов измерялся в интервале  $H\alpha$  от 90 до 1250 э.с.м, что соответствует энергиям электронов 0,8—120 кэв. Интерпретация наблюдаемых электронных линий дана в табл. 1.

В табл. 2 приводится сравнение экспериментально полученных отношений конверсии на  $L$ - и  $M$ -подоболочках с их теоретическими значениями, взятыми из работ [6, 7]. Как видно из таблицы, экспериментальные значения отношений КВК  $L_{II} : L_{III}$  и  $M_{II} : M_{III}$  совпадают с теоретическими значениями с точностью 5—10%.

Так как в наблюдаемую интенсивность слабой линии  $L_I$  вносят вклад электроны Оже, то оценить достаточно точно ее истинную интенсивность не представляется возможным.

Кроме линий, рассмотренных в табл. 1, в спектре наблюдаются еще две линии электронов с энергиями 72 и 115 кэв. В целях идентификации этих линий был измерен спектр  $\gamma$ -излучения исследуемого образца, в котором наблюдались  $\gamma$ -линии 45; 123; 248; 385; 720; 873; 1003 и 1280 кэв, принадлежащие  $\text{Eu}^{154}$ , и  $\gamma$ -линии 45; 86 и 105 кэв, принадлежащие  $\text{Eu}^{155}$ . Из анализа электронного и  $\gamma$ -спектров видно, что в исследуемом образце кроме изотопов  $\text{Sm}^{242}$  и  $\text{Sm}^{244}$  находится примесь  $\text{Eu}^{154}$  и  $\text{Eu}^{155}$ . Электронные линии 72 и 115 кэв обязаны

конверсии  $\gamma$ -перехода энергии 123 кэв на  $K$ - и  $L$ -оболочках гадолиния.

Количественной интерпретации линии электронов Оже в настоящей работе не проводилось.

Поступило в Редакцию 19/IX 1963 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Баранов, К. Н. Шлягин. «Атомная энергия», № 1, 52 (1956).
2. W. Smith, J. Hollander. Phys. Rev., 101, 746 (1956).
3. М. А. Листенгартен. «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 26, 1451 (1962).
4. П. С. Самойлов. «Приборы и техника эксперимента», № 6, 33 (1959).
5. Сборник работ по некоторым вопросам радиметрии и дозиметрии ионизирующих излучений. М., Атомиздат, 1960, стр. 116.
6. Л. А. Слива, И. М. Банд. Таблицы коэффициентов внутренней конверсии  $\gamma$ -лучей.  $L$ -оболочка. М., Изд-во АН СССР, 1958.
7. Гамма-лучи. Под ред. Л. А. Слива. М., Изд-во АН СССР, 1961, стр. 464.

УДК 621.039.538.7

## Пространственное распределение дозы рассеянного излучения от источника мононаправленных $\gamma$ -квантов в бесконечной среде вблизи источника

В. И. Кухтевич, Е. С. Матусевич, Л. А. Трыков

Доза измерялась в воздухе, по своим свойствам весьма близком к комптоновскому рассеивателю, для энергий  $\gamma$ -излучения 0,05—10 Мэв. Применившееся экспериментальное устройство позволяло поднимать детектор и источник на высоту, на которой практически отсутствовало влияние границы раздела воздух — земля. Геометрия эксперимента показана на рис. 1. В качестве дозового детектора использована токовая воздушная ионизационная камера с воздушно-эквивалентными стенками [1]. Контейнер-коллиматор обеспечивал ослабление излучения источника не менее чем в  $10^4$  раз. Измерения были проведены при двух определенных экспериментально значениях эффективного угла кол-

лимации  $\Delta\alpha/2$ , равных 4,8 и 15,6°. Использовались радиоактивные изотопы  $\text{Au}^{198}$  с энергией основного перехода 0,412 Мэв,  $\text{Cs}^{137}$  (0,661 Мэв),  $\text{Co}^{60}$  (1,17 и 1,33 Мэв), средняя энергия 1,25 Мэв) и  $\text{Na}^{24}$  (1,38 и 2,75 Мэв). Источнику  $\text{Na}^{24}$  была приписана эффективная энергия  $E_{\text{эфф}}$ , равная 1,86 Мэв, поскольку вклад отдельных линий этого излучателя в величину отношения  $D_{\text{рас}}/D_{\text{нерас}}$  принимался пропорциональным  $E^{-1}$ . Изменение спектра, вызванное самопоглощением излучения в источнике, рассеянием в оболочках источника, на стенках коллиматора и в фильтре, а также вследствие других эффектов было рассчитано, а в некоторых случаях определено экспериментально. Вклад сопутствующего излучения по интенсивности даже в наиболее неблагоприятном случае не превышал 10%.

В опытах было измерено отношение  $\frac{D_{\text{рас}}(E_0, \theta, R)}{D_{\text{нерас}}(E_0, R)}$ , где  $D_{\text{рас}}(E_0, \theta, R)$  — мощность дозы рассеянного  $\gamma$ -излучения (отн. ед.), регистрируемая детектором, находящимся от источника  $\gamma$ -квантов с энергией  $E_0$  на расстоянии  $R$  под углом  $\theta$ ;  $D_{\text{нерас}}(E_0, R)$  — мощность дозы  $\gamma$ -излучения (отн. ед.), регистрируемая тем же детектором в том же месте (при  $\theta = 0$ ), но в отсутствие среды\*. Величина этого отношения нормировалась на телесный угол коллиматора, равный 1 стер. Зная  $D_{\text{рас}}/D_{\text{нерас}}$ , можно получить для всего изучен-

\* Исключение вклада рассеянного  $\gamma$ -излучения в этом случае проводилось экспериментально.

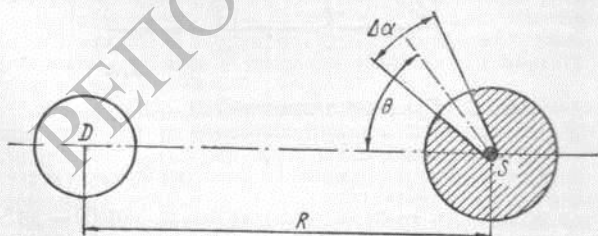


Рис. 1. Геометрия эксперимента:

$S$  — источник в защитном контейнере с конусным коллиматором, эффективный угол которого равен  $\Delta\alpha$ ;  $\theta$  — угол между направлением оси симметрии коллиматора и осью источник — детектор;  $D$  — детектор  $\gamma$ -излучения;  $R$  — расстояние между центрами источника и детектора.