

Измерение относительной интенсивности фотонного излучения ^{103}Pd

Т. П. БЕРЛЯНД, Е. И. ГРИГОРЬЕВ, В. П. ОРЛОВ

Измерена интенсивность фотонов с энергией 20,15; 22,77; 295 и 497 кэВ при распаде ^{103}Pd относительно линии 357 кэВ. Полученные результаты подтвердили несогласованность оцененных данных для КХ- и гамма-излучений ^{103}Pd . Предложена взаимно увязанная система абсолютных интенсивностей для указанных энергий.

Ключевые слова: радионуклид, схема распада, относительная и абсолютная интенсивность, КХ- и гамма-излучение, стандартная неопределенность.

The intensities of photon radiation with energies 20,15; 22,77; 295 and 497 keV spectrum lines of ^{103}Pd referred to the 357 keV spectrum line has been measured. The obtained results have confirmed the discrepancy between evaluated data for КХ- and γ -radiation of ^{103}Pd . The agreed system of the absolute intensities of the mentioned spectrum lines is suggested.

Key words: radionuclide, decay scheme, relative and absolute intensity, КХ- and gamma-radiation, standard uncertainty.

Основное применение радионуклид ^{103}Pd находит в радиационной медицине. При этом производитель (поставщик) паспортизирует продукцию по активности (удельной активности раствора, суммарной активности фасовки), а потребитель, как правило, проверяет соответствие этих данных фактическому состоянию. Учитывая схему распада ^{103}Pd (рис. 1), измерение активности выполняют двумя способами, в равной степени применяемыми на практике. В первом случае измеряют внешнее гамма-излучение прежде всего с энергией 357 кэВ на полупроводниковом гамма-спектрометре и по

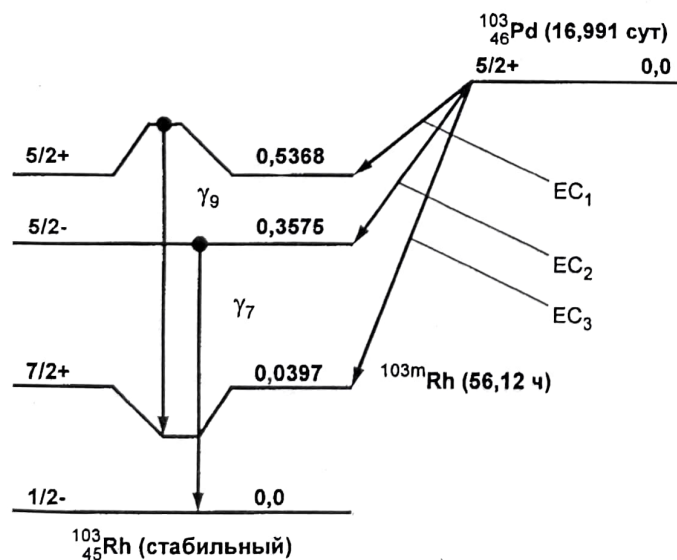


Рис. 1. Схема распада ^{103}Pd [по 3]

значению абсолютной интенсивности измеряемой линии (0,0221 %) определяют активность ^{103}Pd . Во втором случае измеряют характеристическое излучение дочернего ^{103m}Rh прежде всего с энергией 20—23 кэВ и абсолютной интенсивностью 74 % на полупроводниковом рентгеновском спектрометре. Решающую роль при сравнении результатов двух методов играет взаимная увязанность значений абсолютной интенсивности гамма- и КХ-излучений. В качестве параметра, характеризующего согласованность значений, в данном случае рассматривают отношения I_i/I_{357} , где I_i — абсолютная интенсивность фотонов с энергией E_i , I_{357} — абсолютная интенсивность гамма-квантов с энергией 357 кэВ. Этот параметр, обозначенный I_i/I_{357} , представляет собой относительную интенсивность фотонного излучения ^{103}Pd .

Обзор существующих экспериментальных данных по измерению относительной интенсивности суммарного КХ-излучения выполнен в [1]. Отмечено, что в 1955—1969 гг. получены четыре результата от $0,48 \cdot 10^3$ до $1,39 \cdot 10^3$, которые в три—семь раз отличаются от четырех более поздних результатов [1, 2], образующих группу значений от $3,02 \cdot 10^3$ до $3,34 \cdot 10^3$. Информация о других экспериментальных данных по настоящее время отсутствует. Оцененные данные в международных базах основываются, прежде всего, на результатах работы [2] и выводят из оценки ранние результаты, что также соответствует выводам данной статьи.

В табл. 1 приведены экспериментальные значения относительной интенсивности I_i/I_{357} из [1, 2] и полученные в данной статье, а также оцененные значения, принятые в международных базах данных. Здесь представлены три характерные группы оцененных данных, взятые из публикации [3]

E, кэВ	Эксперимент			Оценка		
	[1]	[2]	Данная статья	[3]	JEF-2	ENSDF (NuDat)
$\Sigma E_{\text{КХ}}$	$3,32(11) \cdot 10^3$ $3,02(20) \cdot 10^3$ $3,16(25) \cdot 10^3$	$3,34(10) \cdot 10^3$ — —	$2,71(58) \cdot 10^3$ — —	$3,128 \cdot 10^3$ — —	$3,144(115) \cdot 10^3$ — —	$3,485(14) \cdot 10^3$ — —
20,15 (20,01+20,22)	—	—	$2,313(57) \cdot 10^3$	$2,593 \cdot 10^3$	$2,605(105) \cdot 10^3$	$2,895(10) \cdot 10^3$
22,77 (22,7+23,17)	—	—	$0,458(12) \cdot 10^3$	$0,535 \cdot 10^3$	$0,539(47) \cdot 10^3$	$0,590(10) \cdot 10^3$
295 357 497	— 1,00 —	0,1269(31) 1,00 0,1796(62)	0,1408(35) 1,000(19) 0,1815(36)	— 1,00 0,1801	0,1269(31) 1,000(31) 0,1796(62)	0,1267(36) 1,000(36) 0,1792(68)

и международных компьютерных файлов JEF-2 и ENSDF (NuDat) по состоянию на 2001 г.

Измерения относительной интенсивности выполнены с применением эталонных рентгеновского и гамма-спектрометров в Центре метрологии ионизирующих излучений ВНИИФТРИ (ЦММИ «ВНИИФТРИ»). Из раствора ^{103}Pd в стандарте ОСГИ (образцового спектрометрического гамма-источника) изготовили семь невесомых источников одинаковой конструкции: между двумя тонкими лавсановыми пленками в кольце диаметром 29 мм нанесено радиоактивное пятно диаметром около 4 мм. Активность источников составляла 10^6 — $5 \cdot 10^7$ Бк на начало измерений. Каждый источник измеряли попеременно на рентгеновском и гамма-спектрометрах. Рентгеновский спектрометр на основе детектора из ОЧГ отградуирован широким набором источников в диапазоне 10—120 кэВ [4] в условиях малого телесного угла. На гамма-спектрометре использовали два измерительных тракта с детекторами Ge(Li) объемом 40 и 80 см³ в различных отградуированных геометриях с использованием в некоторых случаях дополнительных Al-экранов между детектором и источником ^{103}Pd и контрольного источника из ^{133}Ba . На рис. 2, а, б показаны типичные спектрограммы от ^{103}Pd на рентгеновском и гамма-спектрометрах. Измерения всех источников выполняли группами через приблизительно один период полураспада в течение четырех месяцев с контролем сохранности режима счета. Полученные экспериментальные значения относительной интенсивности представляют собой средневзвешенные по совокупности соответствующих результатов.

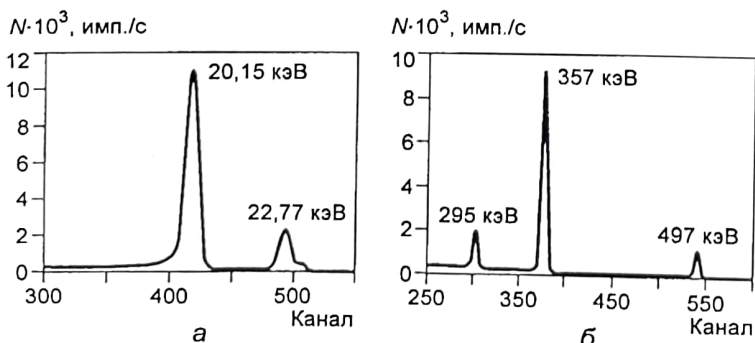


Рис. 2. Типичные спектрограммы фотонного излучения ^{103}Pd : а — на рентгеновском и б — на гамма-спектрометрах

При оценке суммарной стандартной неопределенности результатов учитывались следующие составляющие:

стандартная неопределенность (типа А) из статистической обработки совокупности результатов, 0,51—1,54 %;

суммарная стандартная неопределенность эффективности регистрации характеристического излучения с энергией 20—23 кэВ, 2,02 %;

суммарная стандартная неопределенность эффективности регистрации гамма-излучения с энергией 300—500 кэВ, 1,45 %;

стандартная неопределенность (тип В), обусловленная методом обработки спектрограммы, 0,4—0,9 %;

стандартная неопределенность (тип В) из-за долговременной воспроизводимости отклика детекторов, 0,9 %;

дополнительная стандартная неопределенность (тип В) вследствие возможных отклонений геометрии измерения и других неучтенных влияющих факторов, 0,6 %.

Суммарную стандартную неопределенность рассчитывали как корень квадратный из суммы квадратов составляющих. Ковариацию входных величин не оценивали в предположении ее незначительности.

Сравнение данных в табл. 1 показывает заметное расхождение оцененных данных с экспериментальными и недостаточность экспериментальных результатов для процедуры их оценки. Полученное в настоящей работе значение относительной интенсивности $I_{\text{КХ}}/I_{357}$ согласуется с результатом лаборатории в Харуэлле (Англия) [1], но расходится с остальными результатами более чем на 10 %.

Значения абсолютных интенсивностей излучения ^{103}Pd базируются на данных из [2], и для энергии 357 кэВ все оценки единодушно указывают значение 0,0221 %, хотя в [2] допускается и другое значение (0,024 %), что объясняется использованием другого метода расчета абсолютной интенсивности по конверсионным коэффициентам. Соглашаясь с установившимся единством, мы принимаем в качестве опорного значение абсолютной интенсивности для энергии 357 кэВ, равное 0,0221(8) % (из оценки ENSDF), и с учетом полученных в данной работе результатов принимаем увязанную систему значений абсолютной интенсивности излучения ^{103}Pd , приведенную в табл. 2.

В качестве рекомендованного периода полураспада ^{103}Pd большинством оценок принято значение $T_{1/2} = (16,991 \pm 0,019)$ сут [5], используемое и в настоящей работе, хотя дополнительные измерения в течение де-

Таблица 2
Абсолютная интенсивность
фотонного излучения ^{103}Pd

E , кэВ	I , %
20,15 (20,01+20,22)	51,1 (22)
22,77 (22,7+23,17)	10,12 (45)
295	0,00311 (13)
357	0,0221 (9)
497	0,00401 (17)

вяти—десяти периодов полураспада показали тенденцию к возможному уменьшению этого значения на 1—2 %, что требует более точного целевого исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Newton D. e. a.** // Int. J. Appl. Radiat. Isot. — 1978. — V. 29. — P. 188.

2. **Macias E. S. e. a.** // Phys. Rev. — 1976. — V. C14. — P. 639.

3. **Публикация 38 МКРЗ.** Схемы распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения. — М.: Энергоатомиздат, 1987.

4. **Григорьев Е. И., Трошин В. С.** // Измерительная техника. — 1997. — № 12. — С. 42.

5. **Vaninbroukx R., Gross G., Zehner W.** // Int. J. Appl. Radiat. Isot. — 1981. — V. 32. — P. 589.

Дата одобрения 17.05.2002 г.