

Период полураспада относительно спонтанного деления [3]	$1,346 \cdot 10^7$ лет
Количество спонтанных делений	$3,9 \cdot 10^6$ деление/г.сек
Выход нейтронов спонтанного деления	$1,09 \cdot 10^7$ нейтр/г.сек
Количество мгновенного γ -излучения	$\sim 2,7 \cdot 10^7$ квант/г.сек
Тепловыделение	$\sim 2,8$ вт/г

Для решения вопросов, возникающих при создании и практическом применении мощных изотопных источников нейтронов, изготовлен экспериментальный $\text{Cm}^{244} + \text{Be}$ -источник, выход нейтронов которого в угол 4π составляет $(1,8 \pm 0,1) \cdot 10^9$ нейтр/сек. Активная часть источника получена в виде смеси окислов Cm^{244} с порошкообразным металлическим бериллием. Эта смесь герметизирована в двойную ампулу из нержавеющей стали. Диаметр внешней ампулы 35 мм, высота 60 мм, диаметр и высота активной части 25 мм. При герметизации источника учитывалась возможность повышения давления во внутренней ампуле в результате выделения газов (в основном гелия) при α -распаде и спонтанном делении ядер Cm^{244} .

Энергетический спектр нейтронов описанного источника приведен на рисунке. Его измерение проводилось однокристалльным сцинтилляционным спектрометром быстрых нейтронов с дискриминацией γ -фона по форме импульса. В спектрометре использовался кристалл стильбена, диаметр и высота которого были 10 мм.

Регистрация амплитудных распределений осуществлялась 512-канальным анализатором типа LP-4050.

Средняя энергия нейтронов, рассчитанная по измеренному спектру, равна 3,6 Мэв. Сравнение данных рисунка с соответствующими спектрами (α, n)-источников на основе Po^{210} , Pu^{238} , Pu^{239} , Am^{241} и др. показывает, что для рассматриваемого $\text{Cm}^{244} + \text{Be}$ -источника спектр нейтронов значительно «мягче», чем для указанных источников и для $\text{Cm}^{244} + \text{Be}$ -источника с выходом $6,5 \cdot 10^6$ нейтр/сек [1, 4]. Основными факторами, оказывающими влияние на снижение средней энергии нейтронов и увеличение их доли в низкоэнергетической части спектра, являются размеры источника и более высокая энергия α -частиц Cm^{244} по сравнению с другими изотопами, обычно применяемыми для изготовления (α, n)-источников.

Поступило в Редакцию 17/VIII 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Д. Тютюбаков и др. В сб. «Радиационная техника». Вып. 5, М., Атомиздат, 1970, стр. 90.
2. D. Stewart et al. Nucl. Appl. Techn., 9, 875 (1970).
3. В. М. Горбачев и др. Основные характеристики изотопов тяжелых элементов. М., Атомиздат, 1970.
4. Н. Д. Тютюбаков и др. В сб. «Прикладная ядерная спектроскопия». Вып. 1, М., Атомиздат, 1970, стр. 16.

Сцинтилляционные счетчики с кристаллами удлиненной формы

Г. Ф. НОВИКОВ, А. Я. СИНИЦЫН, Ю. О. КОЗЫНДА, В. В. ВЫШЕНКОВ

УДК 539.1.074.3

При поисках, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых широко применяются сцинтилляционные счетчики с кристаллами NaI(Tl) и CsI(Tl) . Существующая тенденция уменьшения диаметра скважин и шпуров требует снижения диаметра скважинных приборов гамма-спектральной каротажной аппаратуры [1], в том числе и уменьшения диаметра сцинтилляторов. Для сохранения необходимой точности γ -спектрального определения радиоактивных элементов снижение диаметра кристаллов может быть скомпенсировано увеличением их длины.

В настоящей работе приводятся аппаратные спектры γ -излучения больших масс урана и тория для сцинтилляторов различной длины и расчетные значения статистических погрешностей определения урана и тория в породах и рудах на месте залегания, доказывающие преимущество удлиненных кристаллов по сравнению со стандартными кристаллами NaI(Tl) и CsI(Tl) , имеющими максимальное отношение длины l к диаметру d , равное 1,6 [2]. Для экспериментов выбраны сцинтилляторы NaI(Tl) диаметром 30 мм и длиной 20—70 мм с амплитудным разрешением 10,2% и кристаллы CsI(Tl) диаметром 30 мм и длиной 20, 40, 70 и 140 мм с разрешением соответственно 11,8; 11,6; 12,0 и 13,5% по Cs^{137} . Для всех кристаллов с помощью анализатора импульсов АИ-100-1 при ширине окна

30 кэв изучены аппаратные спектры γ -излучения урановой и ториевой руд в условиях 4π -геометрии и насыщения. Полученные результаты для сцинтилляторов NaI(Tl) показаны на рис. 1. Скорости счета N нормированы на 0,01% урана и тория и 1 см³ сцинтилляторов. В области комптоновского распределения [3] кривые $N(E)$ для разных кристаллов практически совпадают. В области четко выраженных крайних фотопиков ($E = 2,62$ Мэв для тория и 2,19 Мэв для урана) удельные скорости счета n_0 для удлиненных сцинтилляторов возрастают. Так, при сопоставлении кристаллов длиной 70 и 20 мм отношение величин n_0 составляет 1,6, для кристаллов длиной 70 и 40 — около 1,3. Эти данные хорошо согласуются с расчетами относительной доли поглощенного γ -излучения, падающего под различными углами на боковую поверхность цилиндрического сцинтиллятора.

Для кристаллов CsI(Tl) , имеющих разное амплитудное разрешение, в таблице приведены скорости счета на 1 см³ сцинтиллятора в оптимальных для разделения урана, тория, калия энергетических окнах γ -спектрометра [4].

По этим данным в участках спектра, удаленных от фотопиков (см. таблицу, окно I для урана и тория), удельные скорости счета остаются практически постоянными для всех изученных кристаллов; в области фото-

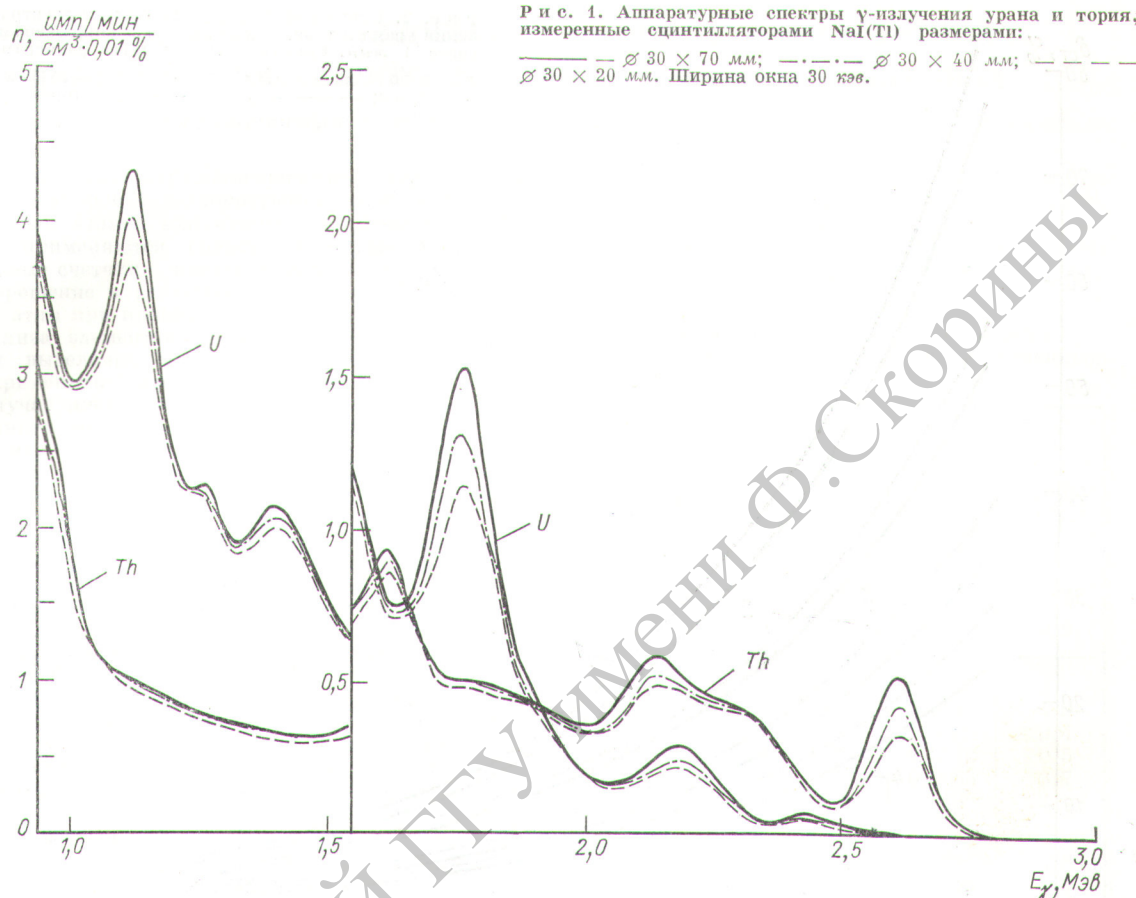


Рис. 1. Аппаратурные спектры γ -излучения урана и тория, измеренные сцинтилляторами NaI(Tl) размерами:

— $\varnothing 30 \times 70$ мм; --- $\varnothing 30 \times 40$ мм; - · - $\varnothing 30 \times 20$ мм. Ширина окна 30 кэв.

пиков (окно I для калия, окно II для урана, окно III для тория) скорости счета заметно возрастают с увеличением длины сцинтиллятора. Эта закономерность несколько нарушается при сравнении сцинтилляторов длиной 70 и 140 мм вследствие худшего амплитудного разрешения последнего кристалла.

Удельные скорости счета n_0 использовались для расчета относительной статистической погрешности

$\delta_{\text{ст}}$ определения урана и тория с помощью γ -спектрального метода в горных породах, ореолах и потоках рассеяния и уран-ториевых рудах в условиях скважин. Схема расчета $\delta_{\text{ст}}$ аналогична принятой в работе [5].

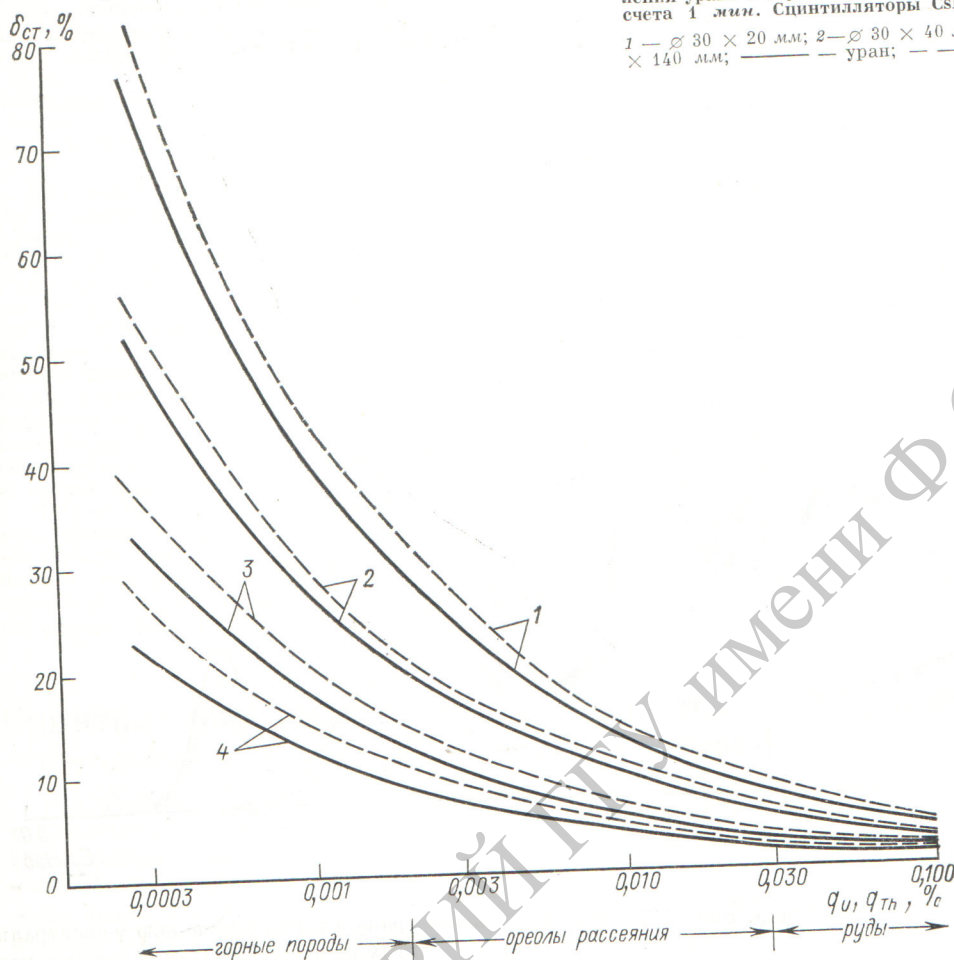
Содержание урана и тория во всех случаях одинаковое, экспозиция измерения скоростей счета составляла 1 мин.

Удельные скорости счета n_0 для сцинтилляторов CsI(Tl) различной длины

Размеры сцинтилляторов				Окно I, 1,35—1,55 Мэв			Окно II, 1,65—1,85 Мэв			Окно III, 2,50—2,80 Мэв			Амплитудное разрешение ω , %
d , мм	l , мм	$\frac{l}{d}$	объем V , см ³	U	Th	K	U	Th	K	U	Th	K	
30	20	0,67	14,1	25,4	10,2	0,90	13,4	7,3	0,1	0,9	5,2	—	11,8
30	40	1,33	28,3	25,8	10,7	1,02	14,0	7,7	0,2	1,0	6,1	—	11,6
30	70	2,33	49,5	26,7	10,9	1,26	16,8	8,0	0,1	1,2	7,1	—	12,0
30	140	4,66	99,0	25,3	10,6	1,21	18,0	7,9	0,4	1,5	7,0	—	13,5

Р и с. 2. Статистическая погрешность γ -спектрального определения урана и тория в условиях скважин. Экспозиция скоростей счета 1 мин. Сцинтилляторы CsI(Tl) размерами:

1 — $\varnothing 30 \times 20$ мм; 2 — $\varnothing 30 \times 40$ мм; 3 — $\varnothing 30 \times 70$; 4 — $\varnothing 30 \times 140$ мм; — — — уран; — — — торий



Значения $\delta_{ст}$ приведены на рис. 2. Они изменяются от 1,2–4,4% при коротаже руд с содержанием 0,1% урана и тория до 20–80% при изучении кларковых концентраций указанных элементов. Использование удлиненных кристаллов CsI(Tl) $\varnothing 30 \times 140$ мм позволяет снизить погрешность определения содержания урана и тория в 2,2–2,4 раза по сравнению с почти изометричными кристаллами $\varnothing 30 \times 40$ мм и в 3,0–3,2 раза по сравнению с кристаллами $\varnothing 30 \times 20$ мм. По сравнению с кристаллами $\varnothing 30 \times 70$ мм погрешность сокращается примерно в 1,5 раза.

Некоторое ухудшение энергетического разрешения сцинтилляторов при увеличении их длины до 140 мм (см. таблицу) практически не влияет на точность определения содержаний радиоактивных элементов.

Представленный экспериментальный материал подтверждает целесообразность применения сцинтилляторов удлиненной формы с отношением l/d , близким к пяти. Это позволит шире использовать гамма-спек-

тральный коротаж в скважинах малого диаметра, повысить его точность и производительность.

Поступило в Редакцию 19/IV 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. М. Коган, И. М. Назаров, Ш. Д. Фридман. Основы γ -спектрометрии природных сред. М., Атомиздат, 1969.
2. Н. А. Вартанов, П. С. Самойлов. Прикладная сцинтилляционная γ -спектрометрия. М., Атомиздат, 1969.
3. В. О. Вяземский и др. Сцинтилляционный метод в радиометрии. М., Госатомиздат, 1961.
4. П. П. Хитев, А. А. Федоров. В сб. «Вопросы рудной геофизики», Вып. 7. Л., «Недра», 1966, стр. 82.
5. Г. Ф. Новиков, А. Я. Синицын, Ю. О. Козында. «Зап. Ленинградск. горн. ин-та», 56, вып. 2, 98 (1969).