

полупроводникового Ge(Li)-детектора объемом 25 см³, работающего в комплексе с многоканальным анализатором импульсов. Энергетическое разрешение спектрометра составляло 14,5 кэВ по линии 1332 кэВ ⁶⁰Со. Нестабильность энергетической калибровки в диапазоне 0—1600 кэВ не превышала 2 кэВ за 8 ч непрерывной работы спектрометра.

Результаты γ -спектрометрических измерений обрабатывались на ЭВМ БЭСМ-6 при помощи программы SIMP3 [8], написанной на языке ФОРТРАН (г. Дубна) и предназначенной для анализа сложных участков спектра: время обработки десяти спектральных линий не превышает 1 млн.

В табл. 3 представлены результаты пяти независимых анализов пробы теплоносителя. Программа позволяет надежно определить площади спектрально-неразрешенных фотошипов с энергиями 756 и 766 кэВ для ⁹⁵Zr и ⁹⁵Nb соответственно. Максимальная ошибка отдельного измерения 15% при 95%-ной доверительной вероятности. Следует отметить, что на таблетке, пропитанной ТБФ, наблюдались примеси ¹⁰³Ru. Изотопов теллура в исследованных пробах не обнаружено.

УДК 550.835:539.125.52

Расчет параметров зондового устройства для селективного гамма-гамма-каротажа

ЛУХМИНСКИЙ Б. Е., ГАЛИМБЕКОВ Д. К.

При разработке новой аппаратуры для исследования горных пород по рассеянному γ -излучению значительное внимание уделено в последнее время аппаратурным средствам уменьшения помех. При регистрации мягкой составляющей рассеянного γ -излучения в скважинах (селективном гамма-гамма-каротаже — ГГК-С) изучаемым параметром является эффективный атомный номер среды $Z_{эф}$, а одной из главных помех — неконтролируемое изменение плотности руды. Для устранения влияния переменной плотности породы ρ применяют двухзондовые приборы с двумя коллиматорами источника [1].

Щелевые коллиматоры источника и широкие коллиматоры детектора [2] также обеспечивают независимость показаний от плотности породы в практически интересном диапазоне 3—4,5 г/см³ и при этом обладают рядом преимуществ перед двухзондовыми приборами: большей чувствительностью и большей радиационной безопасностью и др.

В сообщении изложены способы расчета эффективного размера зонда $R_{эф}$ и эффективного атомного номера породы, определяемых этим прибором. Расчеты проведены методом Монте-Карло по программе МОК-20, разработанной для оптимизационных расчетов прибора ГГК-С со щелевым коллиматором. Геометрия прибора показана на рис. 1. Расчет проводился методом коррелированной выборки одновременно для 12 вариантов состава горных пород, различающихся по плотности и атомному номеру. Один из вычисляемых функционалов — поток γ -излучения через поверхность детектора $I(\rho, Z, \theta, l_z)$, где θ — полярный угол вылета γ -кванта из источника; l_z — расстояние от источника ⁷⁵Se до детектора. Нижний порог регистрации энергии 30 кэВ.

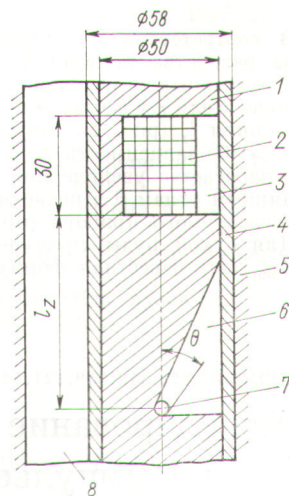
Известно, что при коллимации источника и детектора $R_{эф}$ не совпадает с l_z ($R_{эф}$ — расстояние между цен-

Результаты дают основание считать, что предлагаемая методика может быть использована для анализа нелетучих продуктов деления в водном теплоносителе ядерных реакторов.

Поступило в Редакцию 3/II 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиохимический анализ продуктов деления. Сборник. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1960.
2. Москвин Л. Н. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 35, вып. 2, с. 83.
3. Samsahl K. «Analyt. Chem.», 1968, т. 40, N 1, p. 181.
4. Mikulski I. «Nucleonika», 1961, т. 6, p. 775.
5. Москвин Л. Н. и др. «Радиохимия», 1967, т. 9, с. 377.
6. Зайцев Н. Г. «Радиохимия», 1966, т. 8, с. 576.
7. Преображенский Б. К. и др. «Радиохимия», 1968, т. 10, с. 375.
8. Аврамов С. Г. Препринт ОИЯИ Д6 — 7094, Дубна, 1973.



Р и с. 1. Геометрия зондового устройства:

1 — свинцовый экран; 2 — кристалл детектора; 3 — приемный коллимационный канал; 4 — алюминиевый корпус; 5 — горная порода; 6 — выходной коллиматор для первичных γ -квантов; 7 — точечный источник ⁷⁵Se; 8 — скважина

трами коллимационных окон) [1]. В широких коллиматорах специальной формы это определение неточно. В расчетах $R_{эф}$ определялось как среднее (по числу регистрируемых γ -квантов) расстояние между точками пересечения траекторий γ -квантов с поверхностью окон коллиматоров. В интервале изменений Z (14—23) и плотности 3—4,5 г/см³ эффективная длина довольно слабо зависит от плотности и вещественного состава породы. При изменении l_z от 2 до 9 см $R_{эф}$ аппроксимируется следующей простой зависимостью:

$$R_{эф} = l_z - 4,7 \cos^2 \theta, \quad (1)$$

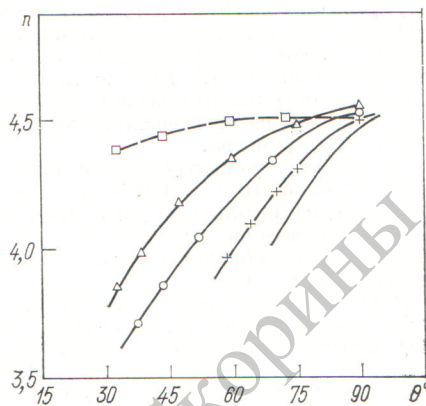
причем максимальная относительная погрешность $\delta R_{\text{эф}}$ не превышает 4%. Для оптимальной конфигурации щелевого коллиматора (см. рис. 1), обеспечивающей независимость показаний от ρ при $l_z = 6,5$ см, имеем $R_{\text{эф}} = 5,6$, а не 6,8 см по определению работы [1]. Различие этих двух величин существенно.

Известно, что атомный номер многокомпонентной среды, измеряемый при ГГК-С, кроме элементного состава среды зависит от спектра источника и регистрируемого спектра рассеянного γ -излучения [1]. Целесообразно определить эффективный атомный номер применительно к конкретному прибору и геометрии измерения так, чтобы эта величина являлась параметром не только исследуемой среды, но и аппаратуры ГГК-С. При этом эффективный атомный номер исследуемой многокомпонентной среды равен атомному номеру эталонной среды, если показания прибора ГГК-С в этих средах совпадают. Для вычисления $Z_{\text{эф}}$ одна серия расчетов по программе МОК-20 проведена в эталонных средах с атомными номерами от 12 до 23. По результатам этих расчетов составлена эталонная номограмма зависимости $I(\rho, Z, \theta, l_z)$. На втором этапе расчет проведен для модели железной руды вида $g \cdot \text{Fe} + (1 - g) \cdot \text{SiO}_2$, где g — массовая доля железа.

Для определения $Z_{\text{эф}}$ воспользуемся зависимостью общего вида [1]

$$Z_{\text{эф}} = \sqrt[n-1]{\frac{\sum_i q_i \frac{Z_i^n}{A_i}}{\sum_i q_i \frac{Z_i}{A_i}}} \quad (2)$$

В соответствии с принятым определением для $Z_{\text{эф}}$ из равенства показаний прибора ГГК-С (см. рис. 1) в эталонных и модельных средах следует зависимость показателя n в формуле (2) от угла колликации θ и расстояния l_z (рис. 2), откуда видно, что для значений $\theta > 30^\circ$ зависимость показателя n от полярного угла ослабевает с увеличением l_z . После усреднения по полярным углам θ в щелевом коллиматоре получаем для исследуемого прибора (при $l_z = 6,5$ см) значение 4,2. Для сухой руды приемлемую точность определения $Z_{\text{эф}}$ дает известная формула



Р и с. 2. Зависимость показателя n от угла колликации при различных значениях l_z , см:

— — 5; × — 6; ○ — 7; △ — 8; □ — 9

$$Z_{\text{эф}} = \sqrt[3]{\sum_i q_i Z_i^3} \quad (3)$$

Различия между величинами $Z_{\text{эф}}$, вычисленными по формулам (2) и (3), не превышают 5%.

Таким образом, показана возможность уточнения параметров скважинной аппаратуры ГГК-С, вычисленных методом Монте-Карло, причем введенное определение эффективного размера зонда заметно отличается от ранее определенных значений, а величина эффективного атомного номера породы практически совпадает с известными определениями (2) и (3).

Поступило в Редакцию 10/III 1975 г

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арцыбашев В. А. Ядерно-геофизическая разведка. М., Атомиздат, 1972.
2. Фельдман И. И., Бломенцев А. М., Караниколо В. Ф. В сб.: Труды ВНИИЯГГ «Ядерная геофизика». Вып. 9. Под ред. Е. В. Каруса. М., «Недра», 1974, с. 141.

УДК 537.226.548:539.121.72.75

Моделирование процессов в треках тяжелых заряженных частиц импульсным облучением твердых тел электронными пучками большой плотности

ВАЙСБУРД Д. И., КУЗНЕЦОВ В. П., МОСКАЛЕВ В. А., ШАФИР М. М.

В диэлектрических кристаллах плотность энергии возбуждений в треках протонов и α -частиц достигает 10^{20} — 10^{21} эВ/см³ [1]. С появлением импульсных источников мощных электронных пучков возникла возможность создавать такие же плотности короткоживущих электронных возбуждений в макроскопических объемах диэлектриков [2, 3]. При этом облучение одиночным импульсом моделирует ситуацию в отдельном треке, а периодическое импульсное облучение моделирует

пространственно-временное перекрытие треков. Для сравнения были проведены две серии экспериментов по накоплению элементарных радиационных дефектов F -центров в ионных кристаллах при облучении протонами и импульсным пучком электронов со следующими параметрами: верхняя энергия частиц составляет 0,3 МэВ, длительность импульса регулируется в интервале 2—30 нс, плотность тока пучка в интервале 5—1500 А/см².