Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXIV, вып. 2, 1974 г.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ СПЕКТРОМЕТРА ПО ГАММА-РЕПЕРУ ПРИ ОПРОБОВАНИИ РАДИОАКТИВНЫХ РУД

А. Я. Синицын, Ю. О. Козында, Р. М. Габитов

Электронная схема стабилизации энергетической шкалы представляет собой устройство, которое следит за фотопиком гамма-репера [1]. Основой схемы являются два смежных дифференциальных канала с одинаковой шириной окна, настроенные, соответственно, на левую и правую ветви фотопика реперного источника. На выходе обоих дифференциальных каналов помещается схема сравнения и исполнительное устройство. При нормальной настройке энергетической шкалы в силу симметрии фотопика гамма-репера скорости счета на выходе обоих каналов равны и сигнал после схемы сравнения отсутствует. Смещение энергетической шкалы вызывает разбаланс скоростей счета. Возникает сигнал расстройки, воздействующий через исполнительное устройство на один из элементов усилительного тракта, что приводит к восстановлению первоначальной настройки.

Стабилизация энергетической шкалы по гамма-реперу при опробовании радиоактивных руд заключается в следующем. Как известно [3], оптимальными энергетическими окнами спектрометра для опробования двухкомпонентных урано-ториевых руд являются: 1,05—1,35 *Мэв* (первое окно) и 2,05—2,65 *Мэв* (второе окно). Чтобы практически исключить влияние «засева» рабочих окон импульсами от гамма-репера, энергия излучения реперного источника не должна превышать 0,7—0,8 *Мэв*. С другой стороны, выбор в качестве гамма-репера источника с малой энергией гамма-квантов нежелателен, так как в этом случае смещению энергетической шкалы соответствует относительно малый сигнал расстройки, и возрастает вклад нестабильности собственного порога электронной схемы в общую нестабильность энергетической шкалы. Анализ возможностей различных моноэнергетических изотопов показал, что наилучшим образом этим требованиям удовлетворяет гамма-репер, изготовленный на основе изотопа Cs^{137}. Этот изотоп обладает большим временем жизни, интенсивность излучения урановой и ториевой руд в области его фотопика сравнительно мала. Опыт использования Cs^{137} в схеме полуавтоматической регулировки усиления каротажного спектрометра [2] показывает, что «засев» энергетического окна 1,05—1,35 *Мэв* реперными

импульсами существенно не влияет на результаты опробования радиоактивных руд. Вместе с тем точность настройки энергетической шкалы спектрометра по фотопику Cs^{137} оказывается достаточной для определения содержаний U(Ra) и Th в рудах с погрешностью около ±10% отн.

Основным недостатком гамма-реперов на основе Cs^{137} при опробовании радиоактивных руд является возможность искажения опорного фотопика, когда измерения производятся на интенсивных гамма-аномалиях. На рис. 1 спектры нормированы по фотопикам в области энергетических линий, соответственно, 0,609, 0,567 и 0,662 *Мэв*. Спектры сняты на анализаторе импульсов АИ-100-1 при ширине окна 10 *кэв*. В качестве сцинтилляционного детектора использован кристаллофосфор NaJ (Tl) размерами 40×50 *мм* и фотоумножитель ФЭУ-13. Разрешение детектора около 10% по фотопику Cs^{137}. Как видно, наибольшее влияние на форму аппаратурного спектра изотопа Cs^{137} может оказывать гамма-излучение урановой руды за счет наличия в спектре интенсивной линии с энергией 0,609 *Мэв*, что выразится, в первую очередь, в искажении левой ветви опорного фотопика. Излучение ториевой руды также может сказываться на симметрии опорного фотопика за счет влияния линий со средневзвешенной энергией 0,567 *Мэв*, однако менее, чем урановой.

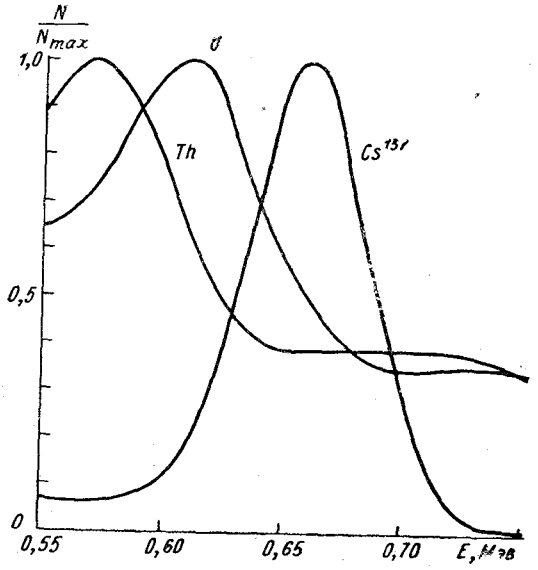


Рис. 1. Нормированные аппаратурные спектры гамма-излучения урановой и ториевой руд и изотопа Cs^{137} в интервале энергий 0,55—0,75 *Мэв*

Чтобы оценить степень искажения фотопика Cs^{137} при измерениях на рудных аномалиях с урановой и ториевой природой активности, выполнена серия расчетов суммарных аппаратурных спектров изотопа Cs^{137} и радиоактивных руд при различных соотношениях скоростей счета от Cs^{137},U(Ra) и Th в области фотопиков, обусловленных линиями с энергией соответственно 0,662, 0,609 и 0,567 *Мэв*. Расчеты выполнены для сцинтилляционных счетчиков NaJ(Tl) размерами 40×50, 30×70, 30×25 и 20×40 *мм* с разрешением 10—12%. Так как данные во всех расчетах близкие, ниже рассмотрены суммарные спектры только для кристалла 40×50 *мм*, полученные обработкой аппаратурных спектров рис. 1. Суммарные спектры для кристалла 40×50 *мм*, нормированные по максимуму фотопика, представлены на рис. 2. При отношениях скоростей счета $\frac{N_{Cs}}{N_{U(Ra)}} \geqslant 3$ (рис. 2, *а*) положение максимума суммарного спектра практически совпадает с максимумом в спектре Cs^{137}, однако намечается искажение симметрии опорного фотопика, возрастающее по мере уменьшения

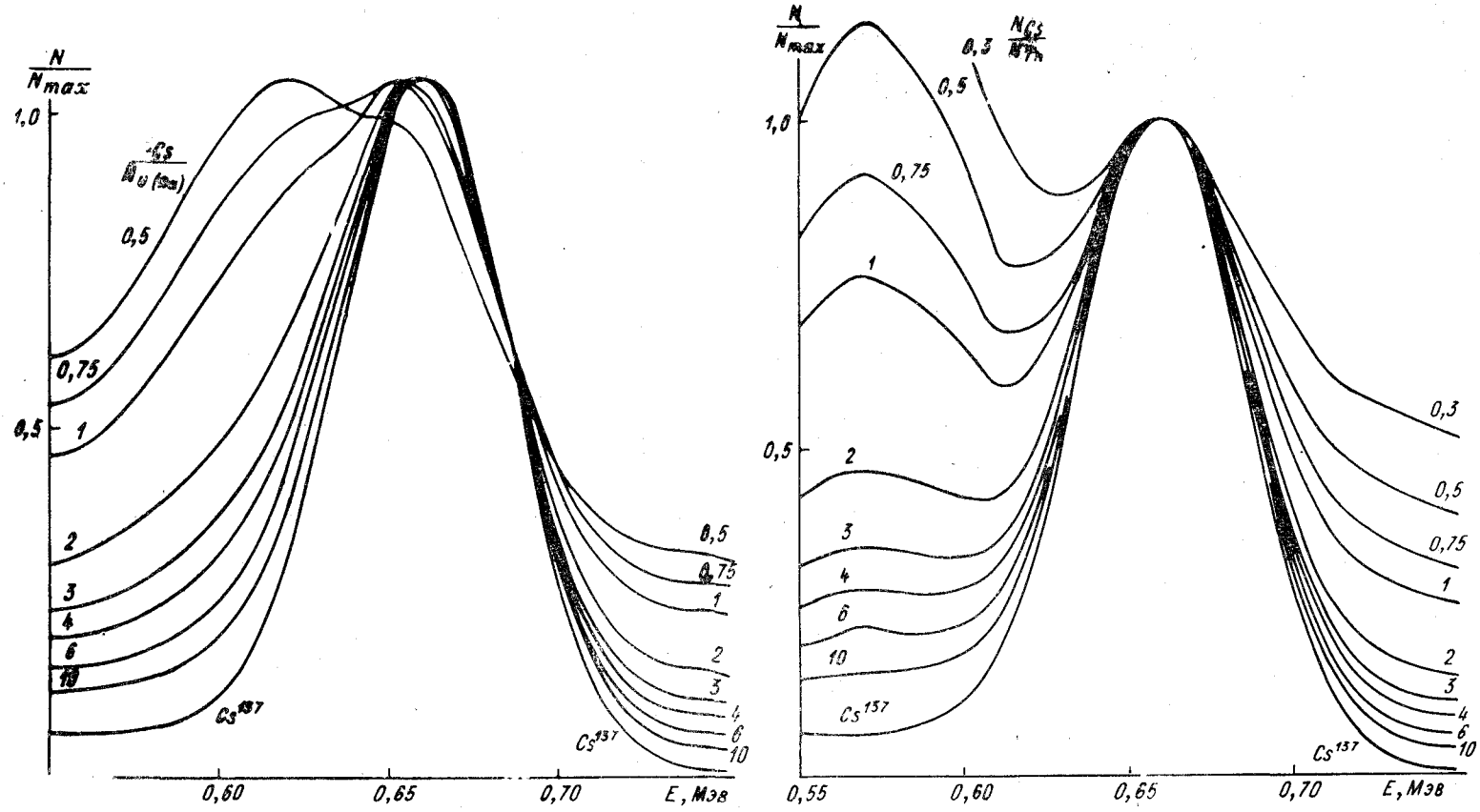


Рис. 2. Аппаратурный спектр изотопа Cs^{137} и суммарные спектры, полученные для урановой (*а*) и ториевой (*б*) руд

отношения $\frac{N_{Cs}}{N_{U(Ra)}}$. При $\frac{N_{Cs}}{N_{U(Ra)}} < 3$ максимум заметно расширяется и смещается в область более низких энергий, что резко нарушает условия стабилизации.

В суммарных спектрах изотопа Cs^{137} и ториевой руды (*рис. 2, б*) положение максимума гамма-репера практически не изменяется. Симметрия фотопика Cs^{137} нарушается менее интенсивно, чем для урановой руды. Однако при $\frac{N_{Cs}}{N_{Th}} = 0{,}3$ максимум суммарного спектра расширяется и становится неотчетливым.

Искажение симметрии и смещение максимума опорного фотопика гамма-репера приводит к неконтролируемому смещению δ энергетической шкалы спектрометра. Анализ показывает, что величина δ для сцинтилляционного счетчика NaJ(Tl) размерами 40×50 *мм* с разрешением 10% при ширине окон следящих каналов 30 *кэв* не превышает 1%, если отношение $\frac{N_{Cs}}{N_{U(Ra)}}$ в пределах рабочего диапазона спектрометра не менее 1,5, отношение $\frac{N_{Cs}}{N_{Th}}$ — не менее 0,3.

Поскольку в практике опробования радиоактивных руд приходится сталкиваться с близкими либо преобладающими содержаниями урана над торием в рудах, второй критерий выполняется, как правило, автоматически при соблюдении первого. Если разрешение спинтилляционного счетчика около 12%, то отношение $\frac{N_{Cs}}{N_{U(Ra)}}$ во всех случаях должно быть не менее 1,8—2, чтобы величина δ не превосходила 1%.

Абсолютную величину скорости счета в области фотопика изотопа Cs^{137} для конкретных сцинтилляционных счетчиков можно определить по данным об аппаратурных спектрах гамма-излучения урановой и ториевой руд [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев В. В., Хазанов Б. И. Приборы для измерения ионизирующих излучений. Атомиздат, 1967.
2. Новиков Г. Ф., Синицын А. Я. Опыт использования анализатора ЛСУ-5к для определения U(Ra), Th и K в скважинах. Геофизическая аппаратура, 1968, вып. 35.
3. Новиков Г. Ф., Синицын А. Я., Козында Ю. О. Оптимальные энергетические окна сцинтилляционного гамма-спектрометра. Зап. ЛГИ, 1969, т. LVI, вып. 2.
4. Новиков Г. Ф., Синицын А. Я., Козында Ю. О. Сцинтилляционные спектры гамма-излучения радиоактивных руд в различных по размеру кристаллах NaJ (Tl). Вопросы рудной геофизики, 1968, вып. 8.