Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXVI, 1978 г.

КАРОТАЖНЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УРАНА, ТОРИЯ И КАЛИЯ

А.Я.СИНИЦЫН, Р.М.ГАБИТОВ, Г.Ф.НОВИКОВ

Разработанный и испытанный нами каротажный гамма-спектрометр содержит три счетно-решающих канала, обеспечивающих непрерывную запись эквивалентных по гамма-излучению концентраций U , Th и K , и интегральный канал. Счетно-решающие каналы могут использоваться в режиме непрерывной или дискретной регистрации средней частоты импульсов в заданных энергетических окнах. Спектрометр представляет собой дальнейшее развитие аппаратуры [3], рассчитанной только на определение U и Th . В процессе его создания схема и конструкция прототипа подверглись коренной переработке.

Электронная схема спектрометра выполнена полностью на полупроводниковых элементах и интегральных схемах, что позволило в 4 раза сократить потребляемую мощность, повысить надежность работы, уменьшить габариты и вес наземной части. Аппаратура смонтирована в кузове автомашины УАЗ-452А каротажной станции «Гном-68" [I] с использованием узлов и устройств станции за исключением радиометра «Зонд-I", инклинометра УМИ-25 и каверномера КМ-I. Конструктивно она состоит из скважинного прибора диаметром 45 мм, наземного пульта, собранного в кожухе станции «Гном-68", и четырех самописцев Н-36I или пятиканального самописца Н320-5, приспособленного для записи каротажных диаграмм. Скважинный прибор и наземная аппаратура соединены кабелем КОБДФМ-2 длиной 600 м.

Амплитудный анализатор спектрометра содержит интегральный дискриминатор и три независимых дифференциальных дискриминатора, каждый из которых имеет I00 фиксированных уровней срабатывания и может использоваться в интегральном режиме. Диапазон исследуемых энергий гамма-квантов 0,6-3,0 МэВ. Масштаб энергетической шкалы стабилизирован по гамма-реперу ^{137}Cs . Временная нестабильность шкалы за 8 ч работы не более ±I%, нелинейность не более 2%. Разрешение спектрометра по линии 662 кэВ составляет 9-I2%. Максимальная импульсная загрузка по интегральному счету на входе скважинного прибора 30000 имп./с.

Ширина окна спектрометра равна I; 2; 8 или 20% от граничной величины энергетического диапазона. Рабочие энергетические интервалы гамма-спектра для первого, второго и третьего дискриминаторов составляют соответственно

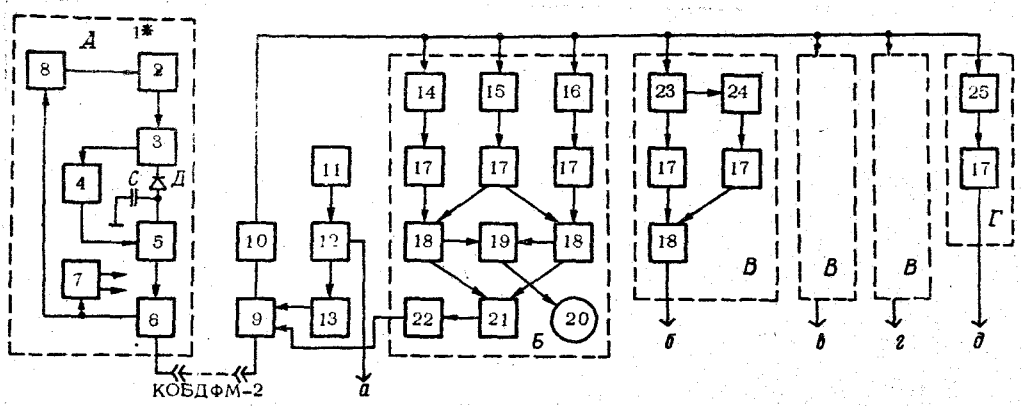


Рис.1. Усилительно-анализирующая часть каротажного гамма-спектрометра *а-д* - выходы к узлам регистрирующей части (*а* - к таймеру, *б*, *в* и *г* - к счетным блокам, *д* - к измерителю скорости счета)

I,37-I,59; I,57-I,8I и 2,05-2,65 МэВ. Нестабильность ширины рабочих интервалов за 8 ч непрерывной эксплуатации не превышает ±I%. Порог срабатывания интегрального дискриминатора I,I МэВ.

Гамма-спектрометр питается от бортовой сети автомашины или от промышленной сети переменного тока напряжением 220 В через преобразователь станции «Гном-68". Потребляемая мощность I5-20 Вт в зависимости от величины питающего напряжения.

Скважинный прибор А (рис.I) содержит сцинтилляционный счетчик 2, состоящий из кристалла NaI(Tl) размерами 30 х 70 мм и фотоумножителя ФЭУ-85. Возле кристалла помещен гамма-репер I, создающий скорость счета в фотопике 700 имп./с при ширине окна 30 кэВ. Через согласующий эмиттерный повторитель 3 импульсы от счетчика поступают на пороговое формирующее устройство, включающее диод Д, запоминающий конденсатор С, ждущий мультивибратор 4 и разрядную схему 5. Устройство позволяет передать в наземный пульт через выходной каскад 6 только импульсы с достаточно большой амплитудой, несущие полезную информацию, и сформировать плоскую вершину длительностью 6-7 мкс передаваемых импульсов. Это резко разгружает канал связи скважинного прибора с наземной аппаратурой и повышает качество передачи сигналов [4].

Все узлы скважинного прибора, кроме генератора высокого напряжения 8, питаются через стабилизатор 7. На генератор питание подается непосредственно от центральной жилы кабеля, используемой также для передачи импульсов.

С выхода скважинного прибора через каротажный кабель и входное устройство 9 наземной аппаратуры, включающее импульсный трансформатор и формирователь на линии задержки, импульсы поступают на линейный усилитель I0. Применение высоковольтных транзисторов в каскодном включении [2] позволило получить на его выходе неискаженные импульсы с амплитудой более 50 В, что дало возможность применить простые и надежные схемы дифференциальных дискриминаторов. В режиме калибровки на вход усилителя подаются импульсы от контрольного генератора, содержащего мультивибра-

тор II с кварцевым резонатором, пересчетную схему I2 и формирователь I3, придающий контрольным импульсам такую же форму, как у импульсов скважинного прибора. Пересчетное устройство обеспечивает набор фиксированных частот калибровочных импульсов от 2,5 до 2500 Гц. Импульсы с частотой I0 Гц подаются на таймер, расположенный в регистрирующей части прибора.

К выходу линейного усилителя подключены блок автоматической регулировки усиления Б, три идентичных блока измерительных дифференциальных дискриминаторов В и блок интегрального дискриминатора Г. В блоке Б реперные сигналы выделяют два селектора со смежными окнами, настроенными на правую и левую ветви фотопика ^{137}Cs. Границы окон определяют пороги срабатывания дискриминаторов нижнего I4, среднего I5 и верхнего I6 уровней. Сигналы, прошедшие через дискриминаторы, формируются нормализаторами I7 и поступают на две схемы антисовпадений I8, выходы которых подключены к схеме измерения отношений скоростей счета импульсов 2I. Напряжение на выходе схемы отношений сравнивается с опорным напряжением. Полученную разность усиливает усилитель постоянного тока 22 и воздействует на генератор высокого напряжения в скважинном приборе.

Измеритель скорости счета I9 позволяет оперативно контролировать положение фотопика гамма-репера путем визуального сравнения по микроамперметру 20 скоростей счета импульсов на выходе селекторов. В режиме каротажа микроамперметр используется для постоянного контроля напряжения питания скважинного прибора.

Все измерительные дифференциальные дискриминаторы выполнены по идентичной схеме. Границы окна задаются порогами срабатывания дискриминаторов нижнего 23 и верхнего 24 уровней, выбираемыми с помощью переключателей «Порог грубо», «Порог плавно» и «Ширина окна». Через нормализаторы I7 сигналы, прошедшие пороговые дискриминаторы, попадают на схему антисовпадений I8. Интегральный дискриминатор содержит пороговое устройство 25 и нормализатор I7.

Выход каждого дифференциального дискриминатора подключен ко входу соответствующего счетного блока Б регистрирующей части спектрометра



Рис.2. Регистрирующая часть каротажного гамма-спектрометра
Точка *а* подключена к пересчетной схеме контрольного генератора, точки *б — г* – к выходам измерительных дифференциальных дискриминаторов, точка *д* – к выходу интегрального дискриминатора

(рис.2). Счетный блок содержит электронный ключ 3 для синхронного запуска всех счетных схем с помощью таймера А, пересчетное устройство 4 с кратностью пересчета I:2; I:I0 и I:I00 и каскад 5 запуска электромеханического счетчика 6. К пересчетным устройствам подключены счетно-решающие блоки В, Г и Д для непрерывной записи эквивалентных концентраций радиоактивных элементов q_j (j - индекс урана, тория или калия) либо скоростей счета импульсов N_i в выбранных энергетических интервалах гамма-спектра (i равно I, 2 или 3).

Счетно-решающий блок В в зависимости от режима работы, выбираемого схемой коммутации 8, служит для измерения N_1 или q_K. В него входят счетные триггеры 7 и 9, ключевые нормализаторы амплитуды I0 и II, схемы регулировки чувствительности I2 и I3, содержащие дозирующие конденсаторы и потенциометры плавной регулировки амплитуды сигналов, и интегрирующий контур I4, включенный между входом и выходом операционного усилителя I5. С выхода контура ток подается непосредственно на пишущий миллиамперметр I6 самописца Н-36I или Н320-5. В режиме записи N_1 к интегрирующему контуру через схему коммутации подключены узлы 7, I0 и I2, в режиме записи q_K - узлы 9, II и I3. Схемы I3 позволяют настроить блок на каждом диапазоне записи q_K и перекать заряд на интегрирующий контур в нужной полярности.

Блоки Г и Д, предназначенные соответственно для измерения N_2 или q_U и N_3 или q_{Th}, выполнены по идентичной схеме. Хорошее энергетическое разрешение спектрометра позволило пренебречь влиянием калия при расчете q_U и q_{Th}, поэтому схемы блоков Г и Д проще, чем блока В.

Измеритель скорости счета Е интегрального дискриминатора, подключенный непосредственно к его выходу, содержит электронный ключ 3, управляемый таймером А, пересчетную схему I7 с кратностью пересчета I:I; I:2; I:I0; I:20 и счетный триггер 9. Остальная часть схемы такая же, как в счетно-решающих блоках при измерении N_i.

В зависимости от измеряемого параметра регистрирующая часть обеспечивает следующие диапазоны записи: для N_i - I0 диапазонов шириной от 2,5 до 2500 имп./с, для q_U и q_{Th} - 8 диапазонов шириной от $25 \cdot I0^{-4}$ до 0,5%, для q_K - 4 диапазона шириной от 5 до 50%. В интегральном канале предусмотрены 9 диапазонов шириной от I0 до 5000 имп./с. Постоянные времени интеграторов изменяются от 40 до 4 с в зависимости от используемого диапазона записи.

Блок таймера А задает экспозицию измерений и управляет пуском и остановкой счетных схем. Он содержит пересчетное устройство I и систему управления 2, устанавливающую экспозицию или переводящую блок в полуавтоматический режим работы. На вход пересчетного устройства подаются сигналы с частотой I0 Гц от кварцевого контрольного генератора, расположенного в усилительно-анализирующей части прибора.

Полевые испытания спектрометра выполнены в I976-I977 гг. Сопоставление результатов основных $q_{j\,осн}$ и повторных $q_{j\,п}$ измерений в скважинах с нормальным и слабым аномальным гамма-полем (рис.3) свидетельствует об

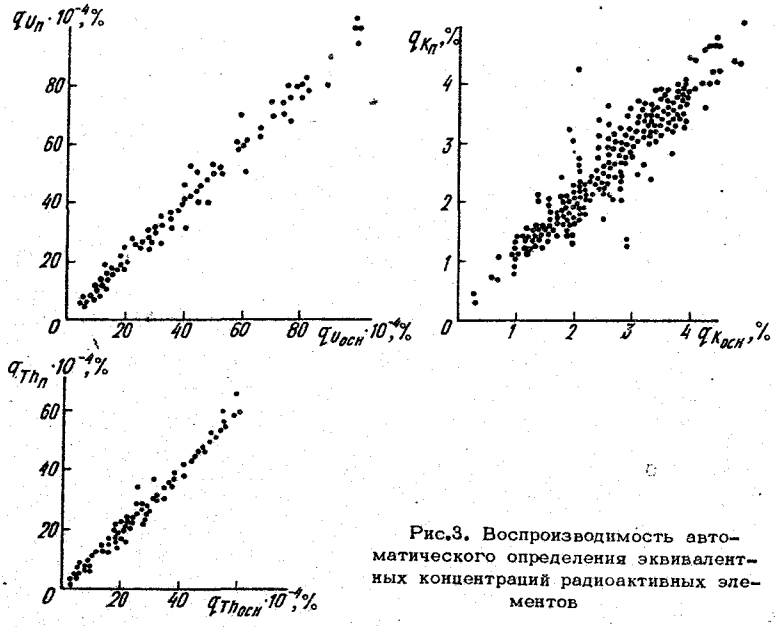


Рис.3. Воспроизводимость автоматического определения эквивалентных концентраций радиоактивных элементов

отсутствии систематической погрешности. Порог чувствительности составил, %: $1{,}1 \cdot 10^{-4}$ для U , $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ для Th , 0,25 для K .

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев В.Г. и др. Каротажная станция „Гном-68" / Алиев В.Г., Давыдов А.В., Дадалавов Н.С., Овчинников А.К., Сарыгин Е.П., Шишмолин А.Н. – В кн.: Геофизическая аппаратура. Л., Недра, 1972, вып. 48.

2. Ложников А.П., Сонин Е.К. Каскодные схемы на транзисторах. М., Энергия, 1969.

3. Синицын А.Я., Новиков Г.Ф., Козында Ю.О. Трехканальный гамма-спектрометр для определения урана и тория в скважинах. – В кн.: Геофизическая аппаратура. Л., Недра, 1974, вып. 54.

4. Синицын А.Я. Передача сигналов по кабелю при гамма-спектральном каротаже. – В кн.: Геофизическая аппаратура. Л., Недра, 1972, вып. 49.