

Доклад на V Международной конференции: «Радиационная безопасность: обращение с РАО и ОЯТ Секция 3: «Приборы и методики радиационного контроля, системы радиационного контроля»

### **Реализация спектральной чувствительности в радиометре РКС-02 «СТРИЖ»**

Черезов Н.К., Алексеев Д.А., Пасков С.Л., Перфилов А.В, Тишков В.П.  
ГУП НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», 194021, СПб, 2-й Муринский пр., 28  
Тел./факс: (812) 247-5726, E-mail: [cherezov@atom.nw.ru](mailto:cherezov@atom.nw.ru)

Канюков В.В.  
ООО «ПКФ «ПРИМ», 198005, СПб, 6-я Красноармейская ул., д.1, пом. 33  
Тел.: (812) 317-8883, Факс: (812) 110-1385

Сэпман С.В.  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», 198005, СПб, Московский пр., 19  
Тел.: (812) 323-9612, Факс: (812) 323-9617

Барсуков И.Б., Млинарчук Г.В., Стародубов В.В.  
ОАО « Приборный завод «Тензор», 141980, Московская обл., г. Дубна, завод «Тензор»,  
Тел.: (09621) 45-524, Факс: (09621) 46-124, E-mail: [root@tenzor.dubna.ru](mailto:root@tenzor.dubna.ru)

К настоящему времени практические проблемы достоверного обнаружения потоков ионизирующих излучений с интенсивностью, незначительно превышающую фон, могут быть решены исключительно путем проведения непрерывного спектрального анализа радиационной обстановки. Среди известных детекторов в портативной и недорогой аппаратуре используют, как правило, разнообразные сцинтилляторы с фотоприемниками, что позволяет выделять области в амплитудных спектрах, соответствующие фотопикам интересующих радионуклидов. При этом, однако, недостаточное энергетическое разрешение и сложный вид функции отклика, не могут привести к существенному увеличению отношения сигнал – фон.

Нами было установлено, что наилучших результатов можно достичь при использовании газоразрядных детекторов, работающих в области пропорционального усиления, когда зарядовый сигнал от детектора пропорционален первичной ионизации, последующей актам взаимодействия излучения с корпусом детектора и газом внутри него. При этом фотопоглощение крайне мало и основным механизмом взаимодействия является комптоновское рассеяние. Это приводит к тому, что внутренние поверхности детектора излучают электроны и рентгеновские кванты малых энергий, целиком поглощаемые газовой смесью. При этом возникают пары электронов и положительных ионов, которые дрейфуют к электродам детектора. Вблизи анодной нити напряженность электростатического поля достаточна для лавинного размножения электронов и в результате индуцируется заряд, пропорциональный первичной ионизации. Такое усиление называют газовым и его величина, обычно от  $10^2$  до  $10^4$ , зависит от напряжения на детекторе. Статистическая природа первичной ионизации и газового усиления приводит к энергетическому разрешению (относительная ширина пика на половине его амплитуды) около 10% для энергии фотонов 6 кэВ. Эта величина втрое больше достигнутой для кремниевых полупроводниковых детекторов при комнатной температуре, но в пять раз меньше полученной для сцинтилляционных блоков детектирования. Существенно, что в случае газоразрядных детекторов площадь перекрытия потока излучения при соизмеримых массогабаритных характеристиках в десятки - сотни раз больше, чем для иных детекторов.

На рис.1 приведены амплитудные спектры одного канала регистрации радиометра «Стриж» для радионуклидов  $^{119m}\text{Sn}$  и  $^{60}\text{Co}$ . Средняя энергия фотонного излучения для первого из них – 25,1 кэВ, для второго – 1253 кэВ. Эти справочные величины учитывают относительные интенсивности гамма - и рентгеновских квантов, сопровождающих распад радионуклидов. Таким образом, первая важная особенность заключается в том, что детектор различает средние энергии

излучения. При этом только для фотонов малых энергий, которые заметно поглощаются в материале корпуса и катода детектора, удается наблюдать фотопик, соответствующий рентгеновскому излучению материала катода. Энергетическое разрешение для этого пика – 10,5%, что подтверждает качество исполнения детектора.

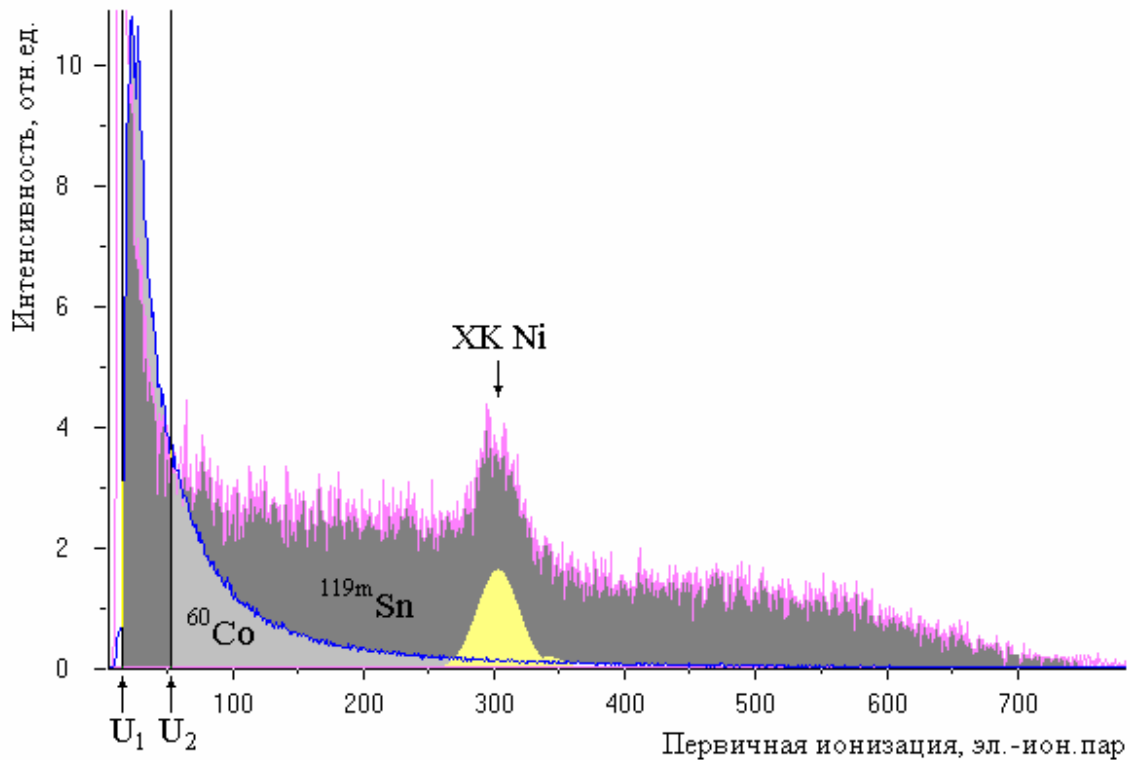


Рис.1 Амплитудные спектры двух радионуклидов в одном из каналов радиометра РКС-02.

Вторая важная особенность состоит в подтверждении хорошо известного факта, что с увеличением энергии фотонов энергетическое распределение вторичных электронов, испускаемых с поверхности преграды, смещается в область малых энергий. Как следствие, нами реализован простой вариант анализа амплитуд от детекторов, при котором усиленные и оптимально сформированные импульсы подаются на входы двух интегральных дискриминаторов, формирующих счетные импульсы. Их средняя частота для порога  $U_1$  определяет эффективность детектора и допустимый уровень вклада шумов электроники, тогда как порог  $U_2$  устанавливает чувствительность канала регистрации к средней энергии. На рис.2 графически представлена зависимость отношения интенсивностей счета  $R$  с выходов дискриминаторов от квадратного корня из величины средней энергии. Кривая получена при значениях  $U_1$  и  $U_2$  40мВ и 100мВ, соответственно, при этом интенсивность счета от шумов электроники не превышала величины  $0,001 \text{ с}^{-1}$ . Серийные газоразрядные детекторы типа СИ-41Г, СИ - 42БГ совместно с реализованной электроникой обеспечивают долговременную стабильность и высокую устойчивость каналов регистрации к различным дестабилизирующим факторам. Эксперименты подтвердили, что неисключенная систематическая погрешность измерений не более 0,1% легко достижима.

С участием разработанного математического и программного обеспечения проводим непрерывный анализ частот в двенадцати статистически независимых каналах, оперируя при этом абсолютными значениями интенсивностей. В результате, наряду с идентификацией радионуклидов (или создаваемых ими радиационных полей в известных условиях), вычисляем их содержание в единицах, принятых для градуировочных образцов. В процессе измерения погрешность

определения средней энергии уменьшается по закону  $t^{-1/2}$  и ограничена лишь аппаратными и методическими пределами. Для практических задач погрешность порядка долей процента оказалась достаточной. Так, эффективное энергетическое разрешение при этом для фотонного излучения Cs-137 составит величину не более 5 кэВ.

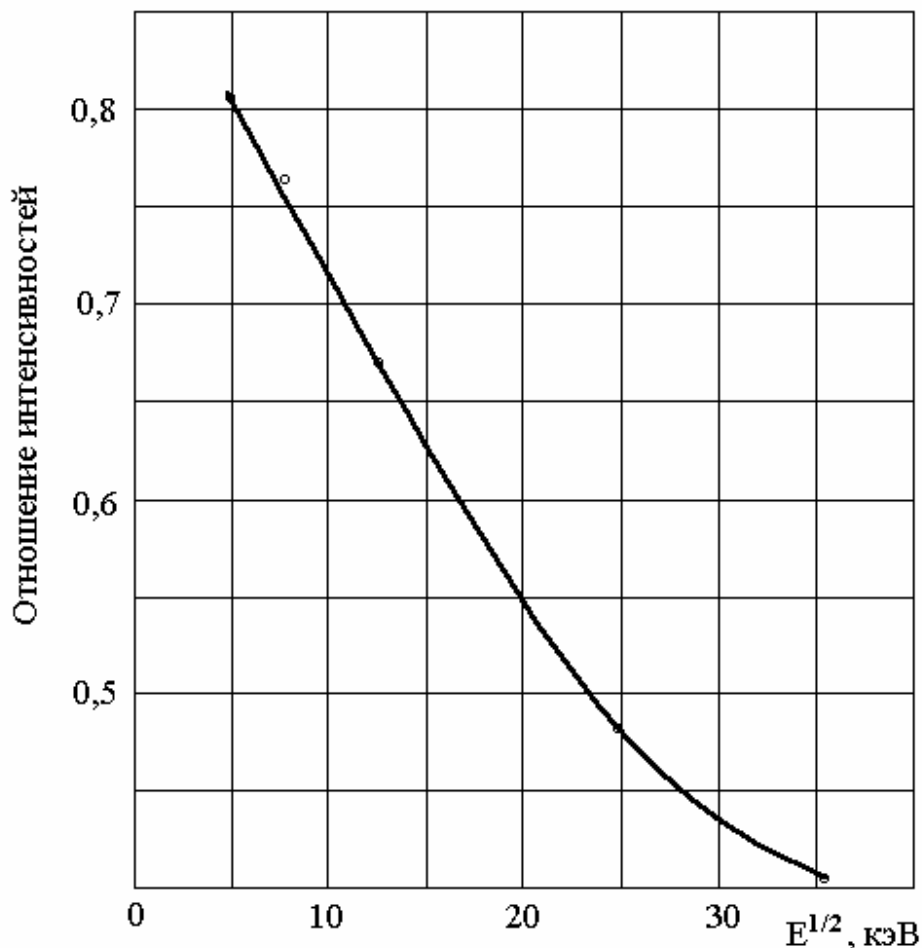


Рис.2 Типичная кривая спектральной чувствительности канала регистрации

В качестве одного из примеров констатируем, что экранировка источника  $^{57}\text{Co}$  типа ОСГИ – 3 полосой из нержавеющей стали толщиной 1 мм не приводит к изменению средней энергии (около 125 кэВ) на величину более 0,5%, тогда как общая интенсивность (счет выше порога  $U_1$ ) в результате ослабления потока уменьшилась на 20%.

Кроме этого, уместно выделить существенные преимущества использования спектрометрических свойств газоразрядных детекторов при создании устройств дистанционного обнаружения источников излучения. В подтверждение приведем результаты испытаний прибора РКС-02 «СТРИЖ» при проведении анализа пульсирующего потока гамма-излучения. Поток создавали с помощью источника Am-241, экранированного стальной пластиной с 10-ю вольфрамовыми коллиматорами. Рядом с радиометром располагали дозиметр ДБГ-06Т. Оба прибора размещали на расстоянии 1 м от источника. Фон измеряли обоими приборами, при этом источник экранировали заглушкой в пластине. Измерения потока и МЭД от источника проводили, когда пластина совершала реверсивные движения с постоянной угловой скоростью. За время измерений пластина выполнила 8 циклов движения с длительностью каждого цикла 27 с.

Результаты шести последовательных измерений длительностью 47с МЭД фонового и модулированного потоков дозиметром ДБГ- 06Т приведены в таблице 1. Анализ этих результатов показывает отсутствие статистически значимых различий показаний прибора ДБГ- 06Т при регистрации фона и пульсирующего источника.

Таблица 1. Результаты измерений потоков прибором ДБГ- 06Т

Номер измерения	1	2	3	4	5	6	МЭД (P=0,68)
Фоновый поток	0,22	0,26	0,22	0,20	0,26	0,29	0,24 (3)
Модулированный поток	0,35	0,30	0,33	0,21	0,27	0,27	0,29 (5)

Результаты измерений, выполненных прибором РКС-02 «СТРИЖ», представлены на рис. 3.

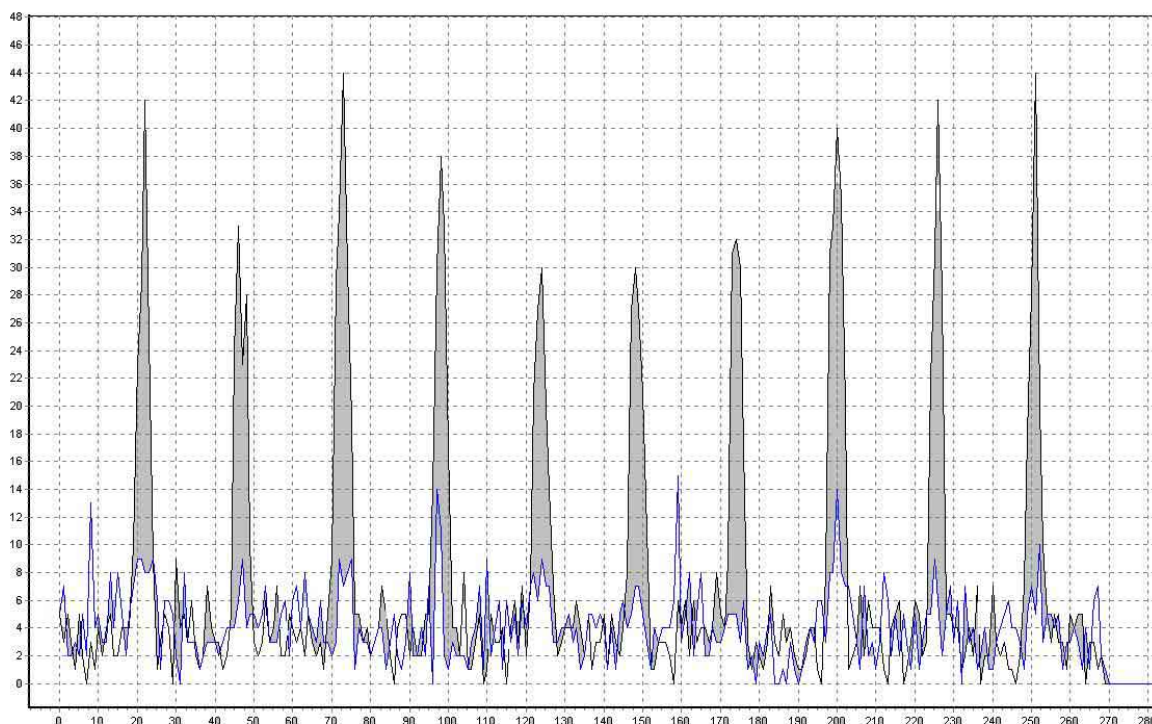


Рис.3 Результаты измерений модулированного потока прибором РКС-02 «СТРИЖ».

По оси абсцисс на рис.3 - время в сотнях миллисекунд, отсчитываемое от начала каждого из 8 реверсивных движений пластины, а по оси ординат – число отсчетов, зарегистрированных радиометром за все 8 циклов. Серым цветом закрашен график числа отсчетов в спектрально чувствительной области счетных каналов (порог U<sub>2</sub>, рис.1). На нижнем графике рисунка приводится число отсчетов, зарегистрированных между порогами U<sub>1</sub> и U<sub>2</sub>.

На рис.4 показаны графики изменения регистрируемой интенсивности для каждого из восьми указанных циклов для спектрально чувствительных каналов радиометра.

На рис.5 представлен фрагмент (1 из 8 циклов) результатов анализа измерений. Учитывали показания только спектрально чувствительных каналов при вероятности ложной тревоги 0.001 и вероятности потери сигнала 0.5 при его равенстве установленному порогу регистрации.

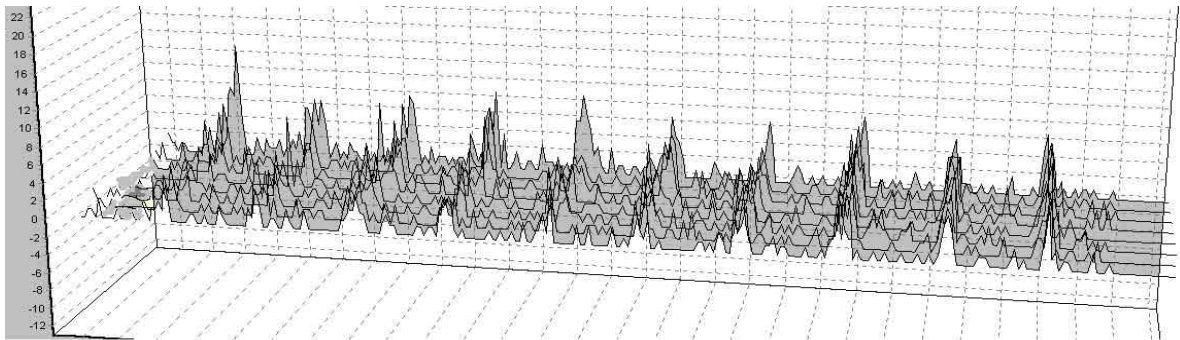


Рис.4 Изменение интенсивности потока, зарегистрированное в 8 циклах модуляции потока радиометром РКС-02 «СТРИЖ».

В результате выполненного анализа обнаружены все 80 «предъявлений» источника и зафиксировано одно ложное срабатывание.

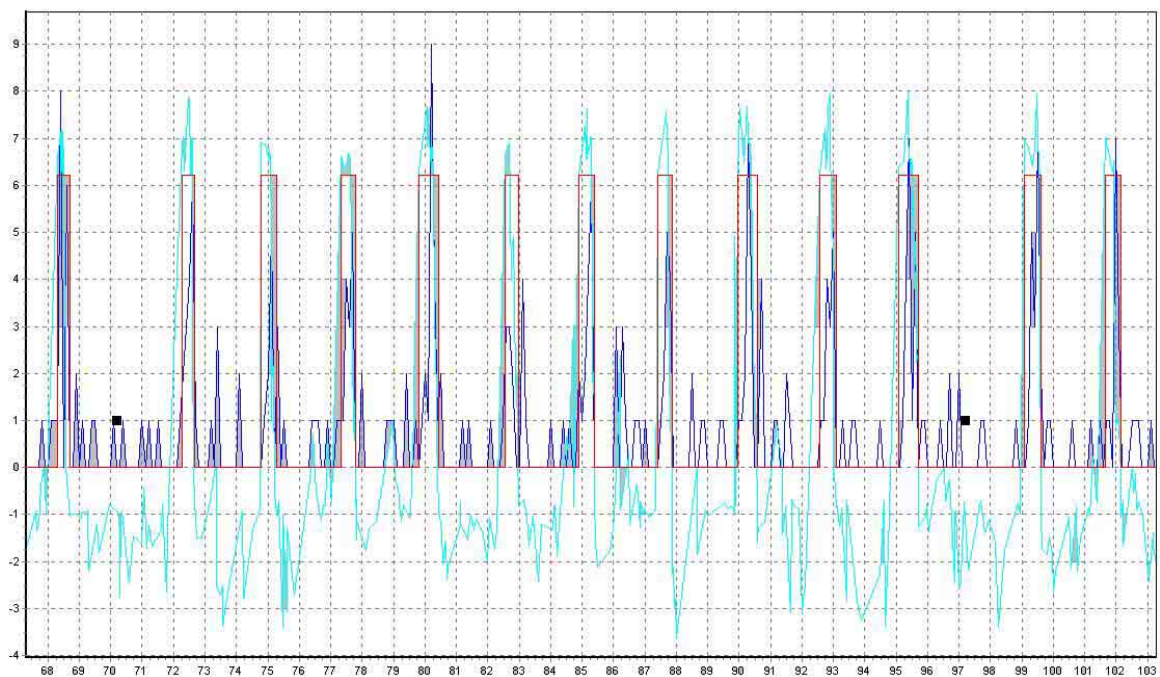


Рис.5 Фрагмент представления результатов статистического анализа результатов измерений, выполненных радиометром «СТРИЖ». Прямоугольниками выделены области регистрации сигнала. Черными метками обозначены моменты начала движения пластины. По оси абсцисс – время, отсчитываемое от начала измерений в секундах, по оси ординат – относительные единицы.

Конечно же, перспектива использования газоразрядных детекторов в портативной радиометрической аппаратуре позволит упростить абсолютно безопасное обращение с РАО и ОЯТ.