

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ДВУХКАНАЛЬНЫМ СПЕКТРОМЕТРОМ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 0,005...1 МэВ

*Г.П. Васильев, В.К. Волошин, А.С. Деев, А.А. Каплий, С.К. Киприч,
А.А. Мазилев, Н.И. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин, В.И. Яловенко*
Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
Харьков, Украина
E-mail: deev@kipt.kharkov.ua

Создан и исследован радиоактивными источниками излучения Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} прототип спектрометра на основе Si PIN-детектора (диапазон $E_\gamma = 5...140$ кэВ) и детектирующей системы типа сцинтиллятор CsI(Tl) – Si-фотодиод (0,05...1 МэВ). Рассчитана полная эффективность регистрации гамма-квантов и эффективность регистрации по фотопику. Определена полная выделенная энергия в тонких слоях майлара и кожи. Измерена поглощенная доза для Am^{241} .

ВВЕДЕНИЕ

Спектрометр-радиометр создан на основе неохлаждаемого кремниевого PIN-детектора и детектирующей системы типа сцинтиллятор CsI(Tl) – кремниевый PIN-фотодиод.

Канал на основе неохлаждаемого кремниевого детектора обеспечивает регистрацию в спектрометрическом режиме излучения в диапазоне энергий $E_\gamma = 5...140$ кэВ [1-4], а канал на основе детектирующей системы сцинтиллятор – кремниевый PIN-фотодиод – в диапазоне энергий $E_\gamma = 0,05...1$ МэВ. При прохождении рентгеновского и гамма-излучения через объем кристалла сцинтиллятора в нем генерируются световые фотоны, которые регистрируются кремниевым PIN-фотодиодом. Количество фотонов пропорционально поглощенной энергии, что позволяет получать энергетические спектры излучения.

В настоящей работе радиоактивные источники (Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137}) применяются для изучения характеристик спектрометрических каналов. Экспериментально и теоретически исследуются особенности регистрации излучения тонким кремниевым детектором и сцинтиллятором малых размеров.

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Измерены спектры излучения от радиоактивных источников Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} . Поток квантов направлялся в Si-детектор размером $1,8 \times 1,8$ мм, толщиной 300 мкм, помещенный в корпус из Al толщиной 0,3 мм и закрытый защитной фольгой из Al толщиной 10 мкм.

Измерялись интенсивности линий в спектрах излучения после прохождения через защитную фольгу. Интенсивность линий излучения определялась суммированием площадей под соответствующими пиками путем фитирования в OriginPro8. Затем интенсивности нормировали на расчетную эффективность регистрации детектора и получали полное число квантов, падающих на поверхность детектора. Аналогичные измерения проведены для сцинтиллятора CsI (Tl) размером $1,8 \times 1,8$ мм, толщиной 10 мм, помещенного в защитный корпус из Pb толщиной 4 мм, диаметром коллиматора 3 мм и закрытого защитной фольгой из Al толщиной 10 мкм.

В рамках пакета GEANT 4.9.2 (processes\electromagnetic\lowenergy) [5] проведено моделиро-

вание взаимодействия излучения в диапазоне энергий 0,001...1 МэВ с материалом детектора. Получены расчетные энергетические спектры для кремниевого детектора толщиной 300 мкм и сцинтилляторов CsI(Tl) малых размеров. Рассчитана эффективность регистрации гамма-квантов указанными детекторами. Зависимость эффективности регистрации от энергии квантов учитывается при восстановлении интенсивностей линий излучения.

Результаты моделирования в GEANT 4.9.2 сравниваются с результатами экспериментов.

2. СПЕКТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

На Рис.1 представлены типичные спектры, измеренные Si-детектором толщиной 300 мкм для источников гамма-излучения Am^{241} , Co^{57} , а также для источника электронов $Sr^{90} + Y^{90}$.

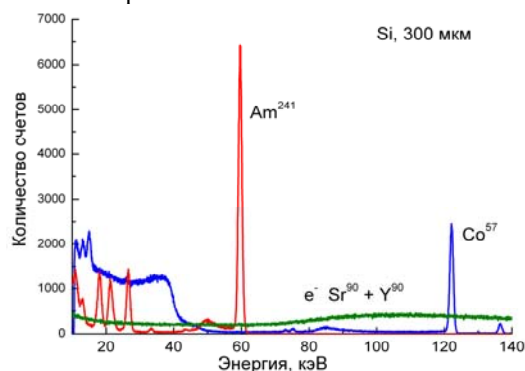


Рис.1. Экспериментальные спектры для источников гамма-излучения Am^{241} (красная кривая), Co^{57} (синяя кривая), источника электронов $Sr^{90} + Y^{90}$ (зеленая кривая), полученные Si-детектором толщиной 300 мкм

Энергетический спектр электронов имеет распределение Ландау с максимумом в области 100 кэВ [3]. Спектры гамма-излучения состоят из набора линий (пики полного поглощения) и комптоновского распределения. Особенности спектров излучения Am^{241} для Si-детектора толщиной 300 мкм описаны в [4].

Например, для спектра Co^{57} имеется комптоновское распределение в виде ступеньки, край которого $\sim 39,5$ кэВ соответствует рассеиванию кванта с $E_\gamma = 122,06$ кэВ на угол 180° с энергией $\sim 82,5$ кэВ. Отношение площадей под комптоновским распределением и под пиком линии 122,06 кэВ дает следую-

щее отношение: эксперимент – 16,3, расчет – 14,9. Различие связано с вкладом дополнительных линий в величину комптоновского распределения. Измеренное отношение интенсивностей линий 122,06 кэВ и 136,47 кэВ составляет 10,4 без учета эффективности регистрации. После поправки на расчетную эффективность ($7,67 \times 10^{-4}$ и $5,36 \times 10^{-4}$) получаем отношение 7,27 (табличные данные E_γ (кэВ) / I_γ (%) = 122,0614 / 85,60 и 136,4743 / 10,68 дают отношение 8,01). Расхождение связано с погрешностями эксперимента, связанными с использованием толстого источника Co^{57} , в котором заметно влияние комптоновского рассеяния и поглощения квантов, и неточностью расчетных эффективностей регистрации.

Измерено энергетическое разрешение Si-детектора в нормальных условиях. Для линии ХРИ K_α атомов Ti с $E_\gamma=4,51$ кэВ разрешение составило $\text{FWHM}=0,99$ кэВ, для $E_\gamma=26,348$ кэВ – 1,05 кэВ, для $E_\gamma=59,54$ кэВ – 1,10 кэВ, для $E_\gamma=122,06$ кэВ – 1,20 кэВ. Зависимость разрешения от энергии выражена слабо по сравнению с [6]. Пик с $E_\gamma = 4,51$ кэВ отчетливо выделен. Со стороны низких энергий до начала области шумов имеется плато, что понижает возможный нижний порог регистрации гамма-квантов до 3 кэВ. Отметим, что защитная фольга, воздушный зазор и мертвый слой детектора заметно ослабляют интенсивность регистрации квантов низких энергий.

На Рис.2 представлены экспериментальные спектры гамма-излучения для источников Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} в CsI(Tl) размером $1,8 \times 1,8 \times 10$ мм. Низкоинтенсивные источники Co^{57} , Cs^{137} в экспериментах помещались вплотную к защитной фольге для увеличения телесного угла регистрации.

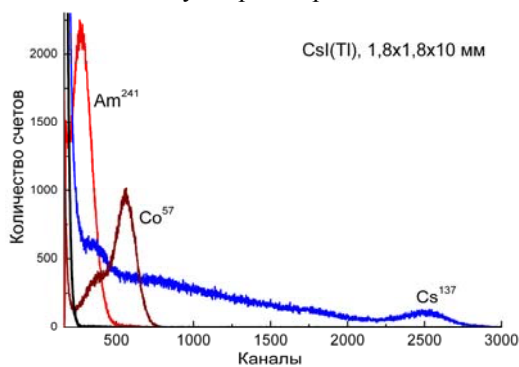


Рис.2. Экспериментальные спектры, измеренные на CsI(Tl) размером $1,8 \times 1,8 \times 10$ мм для источников Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} . Фон – черная кривая

По сравнению с Si-детектором спектры имеют иной вид. Пики излучения уширились, что привело к слиянию близлежащих линий Co^{57} . Низкоэнергетические линии Am^{241} попадают в область шумов. Энергетическая цена канала $\sim 0,25$ кэВ/канал. Для линии $E_\gamma = 59,54$ кэВ разрешение составило $\text{FWHM} = 36$ кэВ, для $E_\gamma = 122$ кэВ $\text{FWHM} = 38$ кэВ, для $E_\gamma = 662$ кэВ $\text{FWHM} \sim 77$ кэВ. Для CsI(Tl) размером $1,8 \times 1,8 \times 2,4$ мм с другим блоком электроники получены значения разрешения для линии $E_\gamma = 59,54$ кэВ $\text{FWHM} = 24$ кэВ, для $E_\gamma = 122$ кэВ $\text{FWHM} = 30$ кэВ. Отметим чрезмерно большое значение FWHM для линии $E_\gamma = 662$ кэВ. Определение максимума пика полного поглощения в этом случае затруднено.

На Рис.3 представлены экспериментальные спектры, измеренные на CsI(Tl) размером $1,8 \times 1,8 \times 10$ мм для источника Cs^{137} . Источник помещался вплотную к защитной фольге.

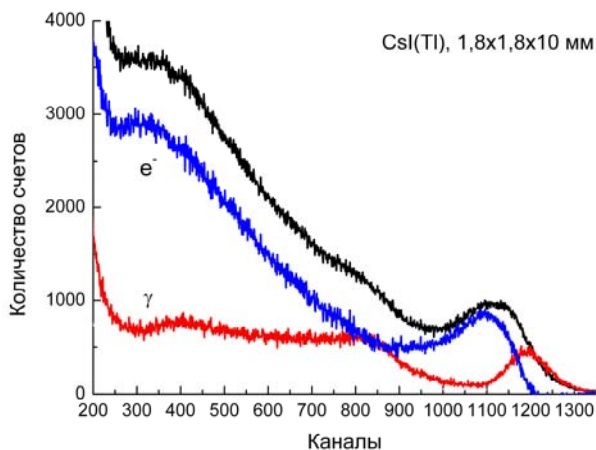


Рис.3. Экспериментальные спектры, измеренные на CsI(Tl) размером $1,8 \times 1,8 \times 10$ м для источника Cs^{137} . Красная кривая – гамма-кванты (электроны отсекаются медной фольгой толщиной 0,19 мм). Черная кривая – спектр, измеренный без Si-фольги. Синяя кривая – разность черной и красной кривых

Электроны источника Cs^{137} отсекались медной фольгой толщиной 0,19 мм. В первом приближении можно пренебречь поглощением гамма-квантов в медной фольге (расчет в GEANT 4.9.2 показал ослабление около 1%). Спектр гамма-квантов приобрел иной вид (Рис.3 – красная кривая). Пик полного поглощения уменьшился по ширине до $\text{FWHM} = 45$ кэВ. Комптоновское распределение приобрело стандартный вид кривой, близкой к горизонтальной линии.

В 94,4 % случаев распад Cs^{137} происходит с образованием ядерного изомера $^{137\text{m}}\text{Ba}$ (его период полураспада составляет 2,55 мин), который, в свою очередь, переходит в основное состояние с испусканием гамма-кванта с энергией 661,7 кэВ (85,1 %) или конверсионного электрона с энергией 661,7 кэВ, уменьшенной на величину энергии связи электрона (14,9 %). Суммарная энергия, выделяющаяся при бета-распаде одного ядра Cs^{137} , составляет $1175,63 \pm 0,17$ кэВ.

Таким образом, полный спектр выделенной энергии состоит из трех частей: спектр электронов бета-распада с границей энергии 512 кэВ (удельный вес 100), спектр конверсионных электронов с энергией 661,7...32 кэВ (вес 14,9) и спектр гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ (вес 85,1). Проведен расчет спектров выделенной энергии для источника Cs^{137} в CsI(Tl) размером $1,8 \times 1,8 \times 10$ мм и защитной Al-фольгой толщиной 10 мкм (Рис.4). В расчетах частицы падают под прямым углом к поверхности сцинтиллятора. Расстояние до защитной фольги 0,5 мм.

Уширение пика полного поглощения для источника Cs^{137} (см. Рис.2,3) объясняется сдвигом двух пиков поглощения (конверсионных электронов и гамма-квантов) на величину энергии связи (~ 32 кэВ) и сброса энергии в защитной фольге и воздушном промежутке ($\sim 3,5$ кэВ). Аномальное поведение комптоновского распределения (высокий угол наклона) в области энергий 100...500 кэВ связано с вкладом электронов бета-распада в этой области.

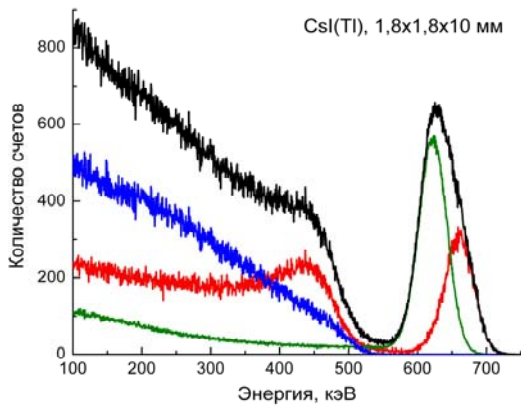


Рис. 4. Расчетные спектры выделенной энергии для источника Cs^{137} в $CsI(Tl)$ размером $1,8 \times 1,8 \times 10$ мм. Разрешение детектора $FWHM=47$ кэВ. Черная кривая – полный спектр; синяя – электроны бета-распада; зеленая – конверсионные электроны; красная – гамма-кванты

При определении количества гамма-квантов с $E_\gamma = 662$ кэВ от источника Cs^{137} необходимо устранить конверсионные электроны. Несмотря на их меньшее количество (14,9%), электроны регистрируются с высокой вероятностью полного поглощения в $CsI(Tl)$ (0,395). Соответственно их вклад в этой области спектра составляет около 64%. Однако положение максимума пика поглощенных электронов и их количество чувствительно к воздушному слою (расстоянию от источника до чувствительной поверхности сцинтиллятора). При воздушном зазоре до защитной Al-фольги 2 см интенсивность электронов падает на 17%, при зазоре 20 см – на 95%. Максимум распределения поглощенных электронов сдвигается в область низких энергий, разброс поглощенной энергии увеличивается.

3. РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ

В GEANT 4.9.2 проведен расчет эффективности регистрации гамма-квантов Si-детектором толщиной 300 мкм с защитной Al-фольгой толщиной 10 мкм (Рис.5). Моделировались спектры выделенной энергии для квантов в диапазоне энергий $E_\gamma = 1 \dots 100$ кэВ.

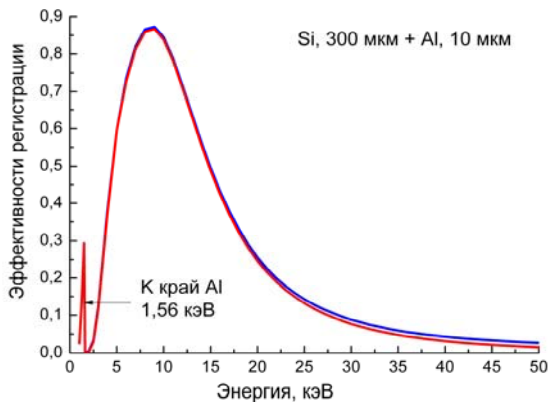


Рис. 5. Расчетные эффективности регистрации гамма-квантов Si-детектором толщиной 300 мкм с защитной Al-фольгой толщиной 10 мкм

Полная эффективность регистрации Eff_{tot} (наличие отклика детектора на проходящий гамма-квант) соответствует отношению зарегистрированных час-

тиц к полному их количеству. Эффективность в фотопике Eff_{phot} (взаимодействие кванта с полным поглощением его энергии) соответствует отношению зарегистрированных частиц в фотопике к полному их количеству. В расчетах гамма-кванты падают под прямым углом к поверхности детектора.

Результаты моделирования показали, что максимальная эффективность детектирующей системы достигает 0,87 для энергий квантов около 9 кэВ, затем эффективность снижается. При отсутствии защитной фольги эффективность практически равна 1 до $E_\gamma = 8$ кэВ. В области энергий до 25 кэВ полная эффективность регистрации Eff_{tot} практически совпадает со значением эффективности в фотопике Eff_{phot} . Различие между эффективностями Eff_{tot} и Eff_{phot} растет с увеличением энергии гамма-квантов: для $E = 50$ кэВ значения Eff_{tot} и Eff_{phot} составляют 0,0268 и 0,0154, для $E_\gamma = 60$ кэВ – 0,0198 и 0,0087, для $E_\gamma = 80$ кэВ – 0,014 и 0,0033. Тонкие кремниевые детекторы имеют слабую чувствительность в области энергий выше 100 кэВ. Поэтому вид измеряемых спектров сильно отличается от реального распределения частиц по энергии. Корректный учет эффективности становится необходимым этапом в восстановлении реальных интенсивностей линий излучения [4]. В области К-края фотопоглощения Al – 1,559 кэВ, резко увеличивается поглощение квантов в защитной фольге.

Аналогичным образом в GEANT 4.9.2 проведен расчет эффективности регистрации гамма-квантов сцинтиллятором $CsI(Tl)$ малых размеров. Методика расчетов эффективности тестировалась по результатам для толстых сцинтилляторов $NaI(Tl)$ 76×76 мм и показала хорошее согласие с [6].

На Рис.6 представлены результаты расчетов эффективностей Eff_{tot} (синие кривые) и Eff_{phot} (красные кривые) для сцинтилляторов $CsI(Tl)$ с поперечным размером $1,8 \times 1,8$ мм и толщинами $t = 2,4$ и 10 мм. Толщина защитной Al фольги 10 мкм.

В области энергий, соответствующих К-краю фотопоглощения (для атомов Cs – 33 кэВ, для атомов I – 36 кэВ), проявляется характерный прогиб на кривой эффективности полного поглощения. Прогиб обусловлен выходом части генерируемого ХРИ с поверхности сцинтиллятора в заднюю полусферу, что уменьшает величину Eff_{phot} .

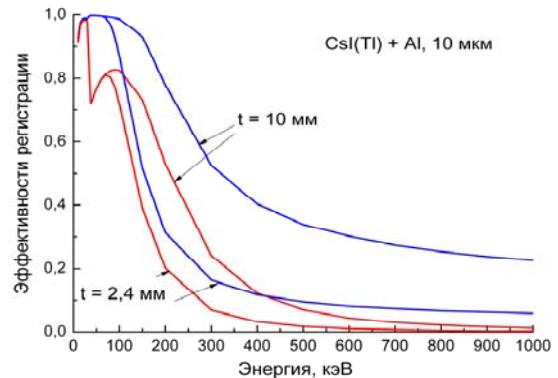


Рис. 6. Эффективности для детекторов $CsI(Tl)$ поперечным размером $1,8 \times 1,8$ мм и толщинами $t = 2,4$ и 10 мм (GEANT 4). Eff_{tot} (синие кривые) и Eff_{phot} (красные кривые).

Толщина защитной Al-фольги 10 мкм

Наблюдается сильное расхождение между полной эффективностью и эффективностью полного поглощения. Различие растет с ростом энергии квантов, что обусловлено уменьшением отношения площади пика полного поглощения к площади комптоновского распределения.

В Табл.1 представлены данные о количестве зарегистрированных гамма-квантов (событий в секунду) с $E_\gamma = 59,54$ кэВ от Am^{241} для двух спектрометрических каналов, нормированных на эффективность регистрации. Также приведены паспортные значения активности источника в выбранный телесный угол. Измерения проведены для различных расстояний от источника до поверхности детектора. Эффективность регистрации Eff_{phot} выбрана 0,79 для CsI(Tl) $1,8 \times 1,8 \times 10$ мм, 0,00875 – для Si, 300 мкм.

Таблица 1

Количество зарегистрированных гамма-квантов (событий в секунду) с $E_\gamma = 59,54$ кэВ от Am^{241} для двух спектрометрических каналов и паспортные значения активности источника

L, мм	50	75	100	200	300	400	600
Паспорт	792	353	199	46	23	12,8	5,9
CsI(Tl)	844	421	239	63	27	14,4	7,1
Si	998	471	265	68	30	16,1	7,9

Различия связаны с трудностью оценки эффективности работающего детектора. Для сцинтилляционного детектора возможен вклад низкоэнергетических линий; имеются погрешности при отделении сигнала от фона. Для Si-детектора вероятнее всего слишком низкое расчетное значение эффективности.

4. ВЫДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГИЯ В ТОНКОМ СЛОЕ ВЕЩЕСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ

Вычислялась полная выделенная энергия в тонком слое вещества для гамма-квантов, проходящих через майларовую пленку (G4 MYLAR, H-C-O $1,4$ г/см³) с толщинами 100, 200, 300 мкм. Энергия гамма-квантов бралась в диапазоне $E_\gamma=5$ кэВ...1 МэВ.

На Рис.7 представлены расчетные зависимости средней выделенной энергии одного кванта в зависимости от его энергии.

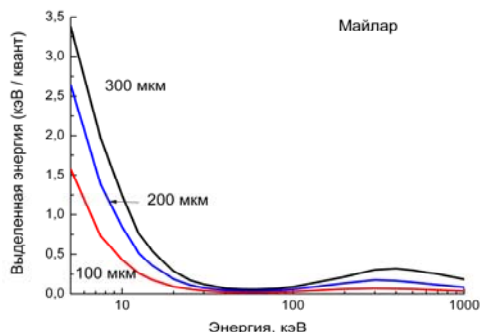


Рис.7. Расчетные зависимости средней выделенной энергии кванта в зависимости от его энергии.

Расчет проведен для пленки майлара с толщинами 100, 200, 300 мкм

Общий вид кривых схожий, численные значения выделенной энергии пропорциональны толщине майлара, некоторые отклонения от пропорциональности существенны в области энергий до 7,5 кэВ и

после 200 кэВ. Величина выделенной энергии быстро падает до $E_\gamma = 20$ кэВ и затем незначительно меняется, проходя минимум ($E_\gamma = 50...60$ кэВ) и максимум ($E_\gamma = 300...400$ кэВ). Аналогичным образом рассчитана также средняя выделенная энергия в тонких слоях кожи (SKIN_ICRP – международный стандарт) толщиной 100...300 мкм и плотностью $1,1$ г/см³.

На Рис.8 представлены расчетные зависимости поглощенной дозы от энергии гамма-квантов после нормирования на массу поглощающего слоя.

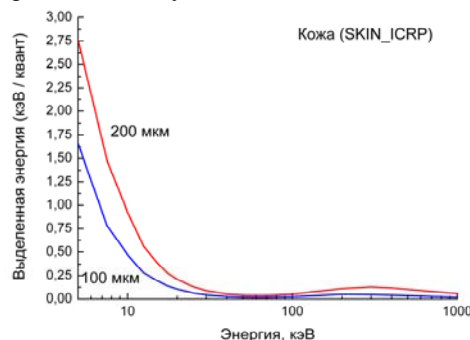


Рис.8. Расчетные зависимости поглощенной дозы от энергии гамма-квантов. Проведено нормирование на массу поглощающего слоя

В дальнейшем используются результаты расчета для SKIN_ICRP, 100 мкм.

При определении суммарной поглощенной дозы использовалось выражение:

$$N(E) \times ED(E) / M_{skin} / Eff_{phot}(E) / 1Rad / T_{эксп} \times 3600,$$

где $N(E)$ – количество зарегистрированных квантов с энергией E ; $ED(E)$ – полная выделенная энергия квантом с энергией E ; $Eff_{phot}(E)$ – эффективность регистрации квантов по пику полного поглощения Si / CsI-детектором; M_{skin} – масса тонкой пленки кожи; $T_{эксп}$ – время экспозиции. Определение дозы происходит в два этапа: 1. Определяется величина $N(E) / Eff_{phot}(E)$ – полного количества квантов с энергией E , приходящих через поверхность детектора; 2. Полученная величина умножается на $ED(E) / M_{skin}$ – поглощенную дозу в тонкой пленке для квантов с энергией E . Затем проводилось суммирование по выбранному диапазону энергий. Коэффициент $1 Rad / T_{эксп} \times 3600$ переводит измеренное значение в рад/ч. В качестве единицы поглощенной дозы принят $1 rad = 6,25 \cdot 10^7$ МэВ/г.

В частности, для диапазона энергий $E_\gamma=55...65$ кэВ при регистрации линии излучения 59,54 кэВ от источника Am^{241} расчет дает результаты, приведенные в Таблице 2. Выбраны расстояния от источника до поверхности детектора: 300, 400, 600 мм. Здесь же показаны измеренные дозы с помощью дозиметра ДБГ-01Н. Фон для ДБГ-01Н вычтен.

Таблица 2

Поглощенная доза, измеренная ДБГ-01Н, CsI(Tl), Si

L, мм	300	400	600
ДБГ-01Н, мкРад/ч	47,3	35,4	15,5
CsI(Tl), мкРад/ч	57,2	36,1	17,3
Si, мкРад/ч	74,6	40,4	19,3

Преимущество опытного образца спектрометра – возможность спектрометрической регистрации доз для квантов с энергией от 5 кэВ с по-

мощью канала на основе Si-детектора. Второе преимущество связано с возможностью коллимации регистрируемого излучения для определения направления излучения и местоположения источника первичного излучения (радиоактивное пятно или трещина в оборудовании).

ВЫВОДЫ

Опытный образец спектрометра-радиометра создан на основе Si-детектора (диапазон измерений $E_\gamma = 5 \dots 140$ кэВ) и детектирующей системы типа сцинтиллятор – Si-фотодиод (0,05...1 МэВ). Для исследований характеристик спектрометра использовались источники гамма-излучения Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} .

Определена полная эффективность регистрации и вероятность полного поглощения гамма-квантов в зависимости от энергии для двух детектирующих систем. Измерено соответствие эффективности регистрации спектрометрических каналов по линии $E_\gamma = 59,54$ кэВ от Am^{241} . При определении поглощенной дозы рассчитывались потери энергии в тонких слоях ткани (SKIN, mylar). Расчеты проводились в рамках GEANT 4.9.2. Результаты измерений дозы спектрометром-радиометром удовлетворительно согласуются с показаниями дозиметра ДБГ-1Н для Am^{241} .

Имеется прогиб в расчетной кривой эффективности полного поглощения в области энергий К-края фотопоглощения атомов Cs и I. Прогиб обусловлен выходом части генерируемого ХРИ с поверхности сцинтиллятора, что уменьшает величину фотопика.

Показано, что возможно определение поглощенной дозы по измеренной эффективности регистрации и рассчитаным поглощенным энергиям излучения в диапазоне от 5 кэВ и выше. Стандартные дозиметры работают в диапазоне энергий излучения от 40...50 кэВ.

Имеется возможность коллимации регистрируемого излучения для определения направления излучения и местоположения источника первичного излучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Г.Л. Бочек, А.В. Косинов, В.И. Кулибаба, А.А. Мазиллов, Н.И. Маслов, С.В. Наумов, В.Д. Овчинник, С.М. Потин. Регистрация заряженных частиц в условиях фона гамма-излучения. // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2005, №4, с. 68-71.
2. G.L. Bochek, A.S. Golovash, A.V. Kosinov, V.V. Kotlyar, V.I. Kulibaba, N.I. Maslov, A.A. Mazilov, S.V. Naumov, V.D. Ovchinnik. Examination of multi-layer silicon detector in measurement of electron spectrum for beta-decay of $^{90}SR-^{90}Y$ // *Problems of Atomic Science and Technology. Ser. «Nuclear Physics Investigations»* (45). 2005, №6, p.54-58.
3. В.И. Кулибаба, Н.И. Маслов, А.А. Мазиллов, В.Д. Овчинник и др. Сдвоенный Si-детектор для регистрации бета-частиц в условиях гамма-излучения // *Известия РАН. Серия физическая. Материалы 54 Международного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра*. 2005, т.69, №11, с.1558-1561.
4. G.L. Bochek, O.S. Deiev, N.I. Maslov, V.K. Voloshyn. X-ray lines relative intensity depending on detector efficiency, foils and cases thickness for primary and scattered spectra // *Problems of Atomic Science and Technology. Series «Nuclear Physic Investigations»* (55). 2011, №3, p.42-49.
5. *Geant4*. User Documentation. <http://geant4.cern.ch/support/userdocuments.shtml>.
6. *Gamma ray detection system*. <http://www.amptek.com/grad.html>, <http://amptek.com/xrspectr.html#efficiency>

Статья поступила в редакцию 04.10.2011 г.

RADIATION DOSE DETERMINATION BY DUAL CHANNEL SPECTROMETER IN ENERGY RANGE 0.005...1 MeV

G.P. Vasiliev, V.K. Voloshyn O.S. Deiev, A. A. Kaplij, S.K. Kiprich, A.A. Mazilov, N.I. Maslov, V.D. Ovchinnik, S.M. Potin, V.I. Yalovenko

The spectrometer prototype with Si PIN-detector (range $E_\gamma = 5 \dots 140$ keV) and the detection system scintillator CsI(Tl) – Si photodiode (0,05...1 MeV) was created and studied by radiation sources Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} . Total and photopeak efficiency of gamma quanta registration were calculated. Total energy deposite in thin layers of mylar and skin were computed. The absorbed dose from Am^{241} were determined.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗИ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДВОКАНАЛЬНИМ СПЕКТРОМЕТРОМ У ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ 0,005...1 МеВ

Г.П. Васильєв, В.К. Волошин, О.С. Дєєв, О.А. Каплій, С.К. Кіпріч, О.О. Мазілов, М.І. Маслов, В.Д. Овчинник, С.М. Потін, В.І. Ялоєнко

Створено та досліджено радіоактивними джерелами випромінювання Am^{241} , Co^{57} , Cs^{137} прототип спектрометра на основі Si PIN-детектора (діапазон $E_\gamma = 5 \dots 140$ кеВ) і детектуючої системи типу сцинтиллятор CsI (Тl) – Si-фотодіод (0,05...1 МеВ). Розраховувалися повна ефективність реєстрації гамма-квантів і ефективність реєстрації по фотопіку. Визначалася повна виділена енергія в тонких шарах майлар та шкіри. Виміряна поглинена доза для Am^{241} .