

6. СПЕКТРОМЕТРЫ

6.1 Альфа-излучение

Альфа-спектрометр, прибор для измерения энергии α -частиц, испускаемых радиоактивными ядрами. Принцип действия основан либо на магнитном анализе α -частиц (магнитные α -спектрометры, либо на исследовании их ионизирующего действия (ионизационные камеры).

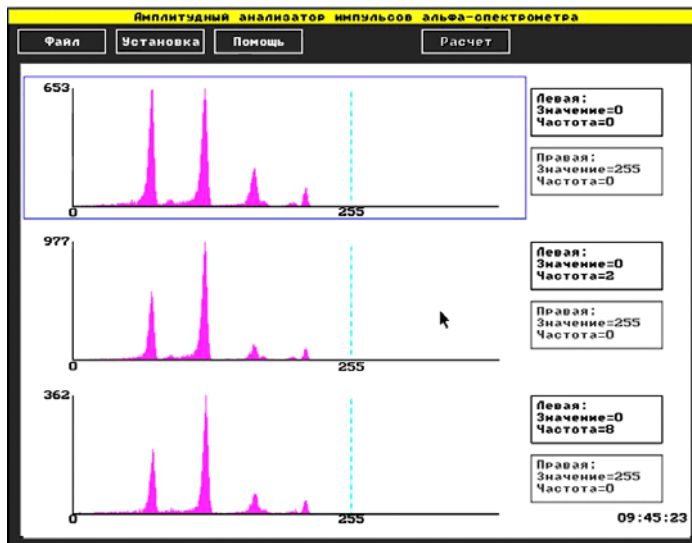
Спектрометрический блок детектирования на основе ионизационной камеры IN114.



α -Спектрометр на базе импульсной ионизационной камеры.

Существуют ионизационные α -

спектрометры, предназначенные для одновременного анализа двух и трех образцов. В первом случае для анализа необходимо два анализатора импульсов с соответствующей периферией, во втором – использование так называемого «устройства выбора групп», позволяющего расширить возможности анализатора импульсов и использовать его для одновременного анализа трех образцов. α -спектрометр с импульсной ионизационной камеры (ИК) осуществляет одновременный анализ α -спектров трех различных α -активных препаратов. Камера имеет общий анод, сигнал с которого усиливается трактом электронной составляющей (ТЭС). Катод камеры разделен на три секции, имеющие отдельные выходы. Импульсы с каждой из катодных секций усиливаются независимо трактом ионной составляющей. Для регистрации и амплитудного анализа импульсов, поступающих с импульсной ионизационной камеры, используется компьютерная система. Данный амплитудный анализатор импульсов позволяет в режиме реального времени получать α -спектры любого α -излучателя с бесконечно тонким слоем с последующей их программной обработкой и анализом.



Интерфейсная плата определяет пиковое значение случайной амплитуды сигнала, хранит полученную величину, преобразует ее в цифровой код и передает этот код в компьютер. Устройство работает следующим образом: импульсная последовательность аналоговых сигналов трех каналов детектора снимается с анода и через предварительные усилители поступает на вход устройства выборки-хранения, в состав которого входит пиковый детектор, фиксирующий момент изменения знака производной от входного сигнала. После

достижения сигналом максимальной величины схема переходит в режим хранения и выдает на шину управления персонального компьютера (ПК) запрос на преобразование и считывание. Далее, процессор генерирует ответный сигнал разрешения преобразования для аналого-цифрового преобразователя (АЦП). После преобразования код с АЦП, пропорциональный амплитуде входного импульса, подается на шину данных компьютера, считывается и запоминается в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ). Одновременно в компьютер вводится информация о номере катода детектора в виде цифрового сигнала, позволяющего идентифицировать принадлежность аналогового сигнала одной из трех исследуемых препаратов. Затем программа переводит компьютер в режим ожидания следующего сигнала запроса на преобразование и считывание.

Перед началом измерений в соответствующих программных окнах выбирается режим работы, вводятся условия опыта и необходимые данные. Графическая оболочка содержит четыре кнопки основного меню: "Файл", "Установка", "Помощь" и "Расчет". Устанавливая курсор в нужных строках окна, с помощью клавиатуры компьютера можно задать необходимые параметры: дату, шифр, объем пробы, активность трассера (^{232}U) и местоположение пункта отбора пробы. Устройство может быть использовано в качестве одноходового анализатора импульсов. В ходе измерений на экран монитора выводятся спектры, каждые 10 минут набранная информация автоматически сохраняется. После окончания очередного эксперимента по

полученным данным программой вычисляются необходимые для анализа величины и результат выдается в виде таблиц и протокола (для одной или всех трёх проб).

Разработанный аппаратно-программный комплекс рассчитан на проведение массовых измерений в лабораторных и заводских условиях.

На альфа-спектрометрах производится обычно не абсолютное измерение энергии α -частиц, а сравнение их энергии с энергией α -частиц, испускаемых веществом, спектр которого хорошо изучен (например, ^{210}Po , который испускает α -частицы с энергией $\approx 5,3 \text{ МэВ}$). Измерение энергии α -частиц может производиться также по полному пробегу α -частиц по создаваемой ими полной ионизации и др.

Альфа-спектрометр полупроводниковый "Прогресс-альфа"

Альфа-спектрометр с встроенным вакуумным насосом. Автоматизированная вакуумная система с электронным управлением, применяемая в приборе, требует от оператора лишь нажатия кнопки. Обеспечивается полная методическая и метрологическая поддержка: сертифицированные методики пробоподготовки и выполнения измерений, устройства для пробоподготовки, обучение радиохимической подготовке проб, вакуумный насос и вакуумная система встроены в альфа-спектрометр. Блок детектирования полупроводниковый площадью 400 мм^2 , многоканальный анализатор (4096 каналов), встраиваемый в ПЭВМ (плата формата PCI)

Спектрометры энергий α -излучения СЕА-2К.

Предназначены для измерения энергетического распределения α -частиц, для обеспечения проведения качественного и количественного анализа различных проб, содержащих α -излучающие радионуклиды и, в первую очередь, для проведения анализа содержания радионуклидов в водных и азотнокислых растворах, для решения экологических задач радиационного контроля внешней среды, для контроля технологических процессов радиохимических производств предприятий, связанных с производством и переработкой ядерного топлива, для обеспечения возможности проведения экспрессных анализов и автоматизации технологических процессов. Диапазон регистрируемых энергий альфа частиц в пределах от 4 до 7 МэВ.

Альфа-спектрометр с полупроводниковыми детекторами Ortec Octete PCTV.

Предназначен для измерений содержания радионуклидов с α -излучением в пробах веществ и материалов в соответствии с аттестованными методиками выполнения измерений в лабораторных условиях. Диапазон энергий регистрируемых альфа-частиц от 3,5 до 7,0 МэВ. α -спектрометр с полупроводниковыми детекторами. Для измерений содержания радионуклидов с α -излучением в пробах веществ и материалов в соответствии с аттестованными методиками выполнения измерений в лабораторных условиях. Диапазон энергий регистрируемых α -частиц от 3,5 до 7,0 МэВ

6.2 Бета-излучение



Портативный бета-спектрометр «Спутник-бета» выпускается как носимый спектрометр β - излучения, но имеющий свинцовую защиту. Он предназначен для полевых измерений активности β - излучателей типа ^{90}Sr , поиска β - загрязненностей радионуклидами в продуктах питания и почве, а также для сертификации продукции по радиационному признаку.

Спектрометр энергий бета-излучений сцинтилляционный СЕБ-01-150 - позволяет контролировать одновременно концентрацию ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K в измеряемом образце без использования методов

радиохимического или физического концентрирования. Спектрометр энергии бета излучения СЕБ-01-150 предназначен для измерения активности бета-излучающих радионуклидов (набор согласуется с заказчиком) в пробах объектов окружающей среды, продуктах питания, воде, радиоактивных растворах, в воздушных фильтрах, в образцовых источниках β -излучения. Использование методов концентрирования радионуклидов существенно повышает чувствительность метода. Возможно раздельное определение ^{90}Sr и ^{90}Y , что позволяет проводить измерения счетных образцов сразу после радиохимического выделения ^{90}Sr , не дожидаясь состояния равновесия (2 недели). Спектрометр предназначен для использования в радиологических отделах ветлабораторий и СЭС, на АЭС, в медицинских учреждениях, в геологии и других областях. Сцинтилляционный блок детектирования β -излучения диаметром 150 мм. Пассивная низкофоновая комбинированная защита детектора (сталь+свинец).

6.3 Гамма-излучение

Гамма-спектрометр на германиевом детекторе.

Рассмотрим характеристики спектрометра γ -излучения из сверхчистого германия (HPGe-детектора), блок-схема которого представлена на **Рис. 1**.

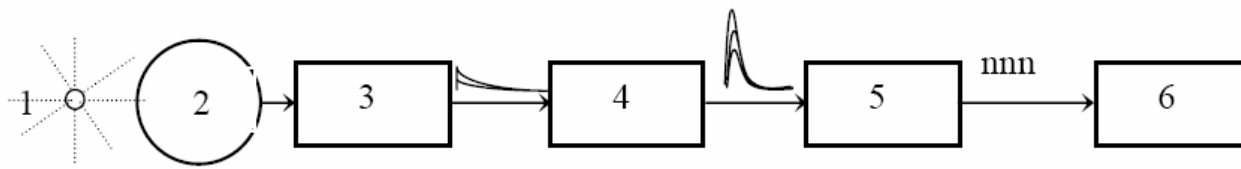


Рис. 1. Блок-схема спектрометра 1 – источник γ -излучений, 2 – детектор γ -излучений из сверхчистого германия (HPGe-детектор), 3 – предварительный усилитель (предусилитель), 4 – основной усилитель (ОУ), 5 – амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), 6 – компьютер.

Основу спектрометра составляет HPGe-детектор ядерных излучений, использующий взаимодействие γ -квантов с веществом. В результате такого взаимодействия на выходе детектора возникают электрические заряды, величина которых пропорциональна энергии, потерянной квантом в детекторе. Для преобразования величины заряда в пропорциональную амплитуду напряжения используется предварительный усилитель (ПУ), а для формирования сигналов по длительности и подавления шумов – основной усилитель (ОУ). По амплитудному распределению сигналов на выходе усилительного тракта $P_a(u)$, где u – амплитуда сигнала, судят о спектре излучений. Амплитудные распределения регистрируются и обрабатываются с помощью цифровой электронной техники, в частности, компьютеров. Преобразование аналоговых сигналов на выходе ОУ в цифровые коды, с которыми может работать компьютер, осуществляется амплитудно-цифровым преобразователем (АЦП), в котором амплитуда каждого импульса измеряется и определяется соответствующий ей номер канала. Затем компьютер считывает номер канала и прибавляет единицу к содержимому элемента массива, выделенного для каждого канала. Такой метод регистрации амплитудного распределения получил название «многоканальный амплитудный анализ».

Детектор γ -излучения из сверхчистого германия (HPGe-детектор) представляет собой полупроводниковый диод с p - n переходом, изготовленный, для увеличения объема чувствительной области, в коаксиальной (цилиндрической) геометрии. Коаксиальная геометрия детектора позволяет значительно повысить эффективность регистрации γ -квантов по сравнению с детектором в планарной (плоскостной) геометрии. Кроме величины объема рабочей области детектора эффективность регистрации γ -квантов сильно зависит от материала, из которого изготовлен детектор. Наиболее распространенными материалами, из которых изготавливаются полупроводниковые детекторы, в настоящее время являются кремний и германий. Для регистрации γ -квантов обычно используются детекторы из германия.

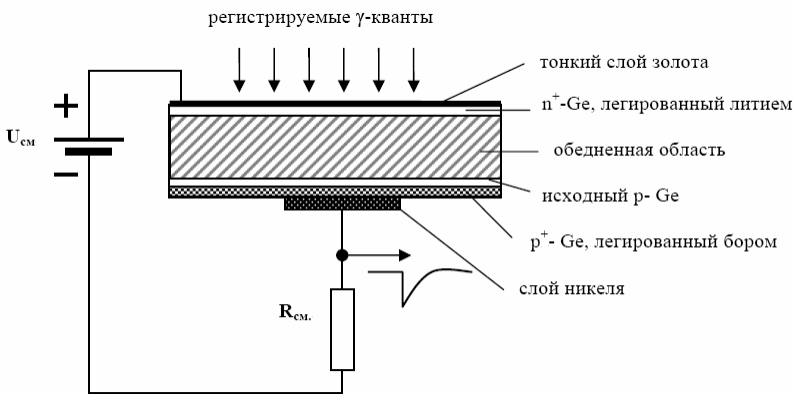


Рис. 2. Структура HPGe-детектора.

Выбор германия в качестве исходного материала для изготовления детектора, несмотря на большие трудности в изготовлении, связан с тем, что сечение взаимодействия γ -квантов сильно зависит от атомного номера вещества Z . Особенно сильно зависит от Z сечение фотоэффекта ($\sigma_{\phi} \sim Z^5$), сечение же комптон-эффекта пропорционально Z , а сечение процесса образования электрон-позитронных пар – Z^2 .

Большее значение Z у германия ($Z(\text{Ge}) = 32$, а $Z(\text{Si}) = 14$) и определяет выбор этого материала, поскольку обеспечивает более высокую эффективность регистрации γ -квантов детектором.

Технология изготовления HPGe-детекторов в планарной геометрии состоит в следующем. Из монокристалла сверхчистого германия p -типа (германий, легированный галлием), с концентрацией примесей не превышающей $\sim 10^{10} \text{ см}^{-3}$ вырезается необходимая заготовка, поверхности которой шлифуются и травятся в смеси плавиковой и азотной кислот. На одной из сторон заготовки, которая будет тыльной стороной детектора, создается омический контакт. Это достигается легированием исходного материала ионами бора с энергией $\sim 10 \text{ кэВ}$, в результате чего в приповерхностной области образуется слой p^+ -Ge с низким удельным сопротивлением. На этот слой либо напыляют в вакууме золото, либо осаждают никель из раствора и припаивают тонкий электрод. На лицевую сторону заготовки напыляют в вакууме металлический литий и проводят его диффузию при температуре $\sim 300^\circ\text{C}$ в течение ~ 10 мин. В результате диффузии лития на глубину $\leq 1 \text{ мкм}$ образуется p - n переход. Затем на эту сторону заготовки напыляют слой золота и припаивают тонкий электрод. Схематическая структура подобного детектора показана на **Рис. 2**. Подавая на p - n переход

обратное смещение, добиваются расширения области, обедненной свободными равновесными носителями заряда (рабочего объема детектора), практически на всю толщину заготовки.

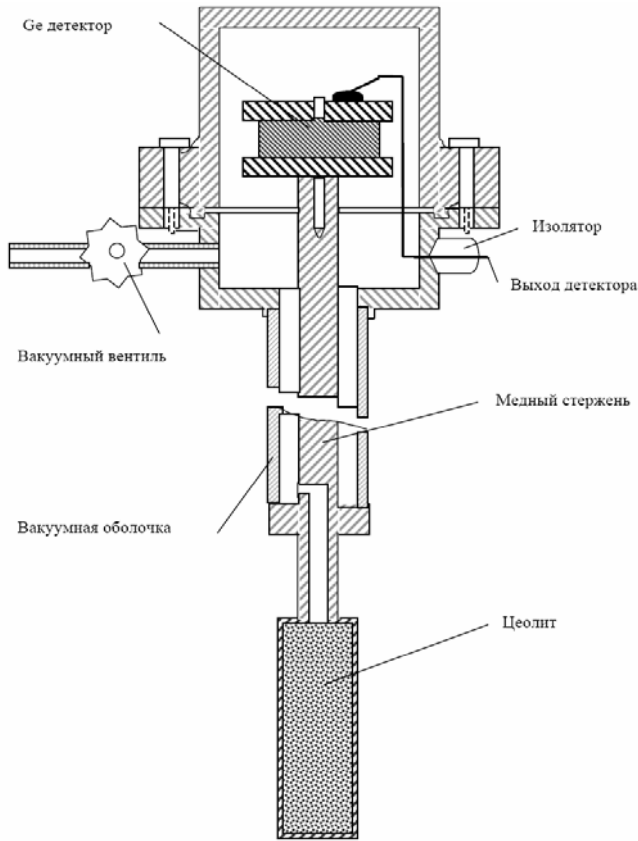


Рис. 3. HPGe-детектор в криостате

Технология изготовления HPGe-детекторов в коаксиальной геометрии практически аналогична. В этом случае в цилиндрической исходной заготовке монокристалла сверхчистого германия высверливается небольшая часть внутренности, на поверхности которой и создается p^+ -Ge слой. На боковую поверхность напыляют металлический литий, образующий n^+ -Ge слой. Рабочим объемом детектора при этом служит весь цилиндр. Подобные конструкции детектора позволяют регистрировать возникновение так называемых неравновесных носителей заряда, образующихся в обедненной области при прохождении через нее ионизирующего излучения. Если в этой области выделяется энергия E , то образуется E/ω пар носителей, где ω – энергия, требуемая для образования одной пары свободных носителей заряда (для германия эта величина равна 2,8 эВ). Для того чтобы весь заряд можно было зарегистрировать, необходимо, чтобы время собирания образованных носителей в приложенном к p-n переходу электрическом поле было значительно меньше, чем время жизни неравновесных носителей заряда.

В связи с этим напряжение смещения выбирается довольно высоким (>1000 В).

Электронно-дырочные пары движутся под действием электрического поля, что эквивалентно импульсу тока, протекающему через емкость p-n перехода. В результате на этой емкости образуется заряд, величина которого пропорциональна энергии, поглощенной детектором. Затем заряд рассасывается током через сопротивление $R_{см}$.

Детекторы на основе сверхчистого германия характеризуются низким значением обратного тока и высоким энергетическим разрешением. В отличие от полупроводниковых детекторов из кремния германиевые детекторы необходимо эксплуатировать при низкой температуре. Это связано с тем, что ширина запрещенной зоны E_g германия заметно меньше, чем у кремния (0,66 эВ у германия и 1,09 эВ у кремния). В связи с этим вероятность тепловой генерации неосновных носителей заряда ($\sim e^{-E_g/(kT)}$) у германия существенно выше, и при комнатной температуре токи утечки недопустимо велики. Одним из существенных преимуществ HPGe-детекторов перед аналогичными диффузионно-дрейфовыми Ge(Li) детекторами является возможность хранения их при комнатной температуре в период между измерениями, хотя при работе они также должны быть охлаждены до температуры жидкого азота – 77К (подавать напряжение смещения на неохлажденный детектор нельзя!). Ge(Li) детекторы обладают столь же высоким энергетическим разрешением, что и HPGe- детекторы, однако должны постоянно находиться в криостате с жидким азотом – даже кратковременное повышение температуры Ge(Li) детектора до комнатной, вызванное, например, несвоевременной заправкой криостата жидким азотом, выводит детектор из строя.

На **Рис. 3** показано устройство HPGe-детектора. Непосредственно сам детектор крепится на медном стержне, другой конец которого помещен в дюар с жидким азотом. Вакуум в системе обеспечивается сорбционным насосом. Сорбент (цеолит), охлаждаемый жидким азотом, позволяет поддерживать вакуум в криостате в течение длительного времени.

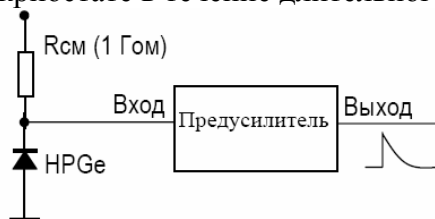


Рис. 4. Схема включения HPGe-детектора.

Схема включения HPGe-детектора в спектрометрический тракт показана на **Рис. 4**. Зарядочувствительный предусилитель предназначен для преобразования величины заряда, собранного на входе предусилителя и пропорционального энергии, потерянной γ -квантом в детекторе, в амплитуду напряжения. Во избежание потери величины сигнала и для уменьшения влияния шумов и наводок предусилитель размещается в непосредственной близости к детектору. Более того, головной каскад предусилителя (полевой транзистор)

размещен непосредственно на детекторе и вместе с ним охлаждается до температуры жидкого азота. Эквивалентная схема системы детектор-предусилитель включает емкость C_{ex} и входное сопротивление R_{ex} предусилителя, которые, естественно, участвуют в формировании сигнала, так как включены параллельно C_{det} и R_{cm} ($C_{det} + C_{ex} \sim 30 \div 50$ пФ).

Рассмотрим типичный спектрометрический комплекс, предназначенный для профессионального применения в научной и производственной сферах, связанных с регистрацией и прецизионным измерением γ -спектров. Комплекс позволяет регистрировать амплитудные распределения сигналов от HPGe- детекторов, градуировать спектрометр, определять энергии γ -линий, идентифицировать излучающие изотопы, определять активность источников и др. В состав комплекса входят: блок детектирования (БД), включающий в себя детектор из сверхчистого германия и предусилитель (ПУ); спектрометрическое устройство, включающее в себя основной усилитель (ОУ), АЦП, высоковольтный блок питания детектора, низковольтный источник питания; компьютер и программное обеспечение.

Блок детектирования включает в себя головной каскад зарядочувствительного ПУ размещенный в вакуумной полости криостата непосредственно около детектора; основная секция ПУ установлена на корпусе криостата. Основные параметры: энергетическое разрешение блока детектирования для энергии 122 кэВ – 1,0 кэВ, для энергии 1,33 МэВ – 1,85 кэВ; относительная эффективность регистрации детектора (по $3 \times 3''$ NaI) для энергии 1,33 МэВ – 22,4%; – отношение пик/комpton для энергии 1,33 МэВ – 49; – оптимальное рабочее напряжение смещения детектора – +1200В; оптимальная постоянная времени формирования – 6 мкс (для повышенных нагрузок – 2 мкс). – Диапазон измерения энергий γ -излучения – $40 \div 10000$ кэВ. коэффициент преобразования – не менее 100мВ/МэВ; интегральная нелинейность функции преобразования – не более 0,03%.



Рис. 5. Пиктограммы управления обработкой

Параметры спектрометрического устройства: интегральная нелинейность – не более 0,05%; максимальная нагрузка – 10P 5P имп/с;

тип АЦП – Вилкинсон, частота кодовой серии – 100 МГц, память – автономная, число каналов – 8192, емкость канала – 16777215, связь с компьютером – по последовательному каналу RS-232; регулировка коэффициента усиления – ручная; время установления рабочего режима – 30 мин.

Программное обеспечение позволяет управлять спектрометром, хранить и представлять экспериментальные данные в графической и числовой форме, выполнять математическую обработку данных, включая градуировку по энергии и калибровку по эффективности, идентифицировать изотопы и рассчитывать их активности. Имеются встроенные библиотеки, содержащие сведения о γ -излучениях изотопов, и паспорта стандартных радиоактивных источников (ОСГИ). Эти библиотеки используются в процедурах идентификации нуклидов и расчетов их активности. В главном окне экрана монитора отображается гистограмма амплитудного распределения. Здесь же имеется маркер в виде вертикальной линии, указывающий на выбранный канал. В правом верхнем углу гистограммного окна показаны текущие значения времени набора данных и загрузки; правильное значение загрузки появляется через несколько минут после начала набора данных. Управление спектрометром осуществляется программным путем с помощью мыши и пиктограмм («клавиш») на экране монитора.

Гамма-спектрометр "Спутник-Г(Ст)" выпускается для использования на продовольственных рынках, базах хранения продуктов питания и т.д. Он предназначен для измерений удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{131}I в продуктах питания, сельскохозяйственной продукции как в стандартном измерительном сосуде Маринелли объемом 0,5 л, так и без пробоотбора, в геометрии 2п.



Гамма-бета-спектрометр MKS-AT1315

Двухкристальный сцинтиляционный спектрометр с защитой на антисовпадениях для одновременного и селективного измерения гамма- и бета-активностей проб без их радиохимической подготовки предназначен для идентификации изотопов ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th и др.

Области применения: спектрометрический и радиометрический контроль содержания радионуклидов в воде, продуктах питания, сельскохозяйственном сырье, промышленных, строительных и лесоматериалах, объектах окружающей среды (почва, растительность и др.).

Предназначен для гамма-бета-спектрометрического и радиометрического анализа проб окружающей среды, продуктов питания и биопроб и позволяет измерять и обрабатывать одновременно спектры от γ - и β -излучающих радионуклидов с целью определения их удельной (объемной) активности в пробах. Применяются для оснащения лабораторий радиационного контроля, осуществляющих комплексный радиоэкологический мониторинг объектов окружающей среды и контроль качества продукции. Диапазон энергий регистрации γ -излучений от 50 до 3000 кэВ; β -излучений от 150 до 3500 кэВ.

Многоцелевой портативный спектрометр-дозиметр “СПЕДОГ” предназначен для получения следующих характеристик полей гамма-излучения: пиковый энергетический спектр; сплошной энергетический спектр в группах; плотность потока; мощность эквивалентной дозы.

“СПЕДОГ” может применяться для идентификации радионуклидов: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{226}Ra , ^{65}Zn , ^{88}Y , ^{152}Eu , ^{134}Cs , ^{133}Ba , ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{40}K , ^{182}Ta , ^{125}Sb и др. Измеренные и хранящиеся в памяти прибора гамма-спектры считываются ПЭВМ для их дальнейшей обработки с помощью оригинального программного обеспечения, входящего в комплект поставки. Идентификация проводится путем сравнения измеренных спектров с эталонными спектрами, находящимися в памяти ПЭВМ. Особенности спектрометра: в качестве детектора используется кристалл кремния; не требуется специальное охлаждение детектора для обеспечения приемлемого энергетического разрешения; прибор способен измерять одновременно пиковый и сплошной энергетический спектр. “СПЕДОГ” сопоставим по техническим характеристикам с германиевыми гамма-спектрометрами.

Так как использование кремниевого детектора позволяет получать Гамма-спектры без специального охлаждения, а также, поскольку прибор имеет небольшие габариты и вес, “СПЕДОГ” может эффективно применяться в полевых условиях. При этом, энергетическое разрешение измеряемых Гамма-спектров будет значительно выше, чем разрешение, обеспечиваемое традиционно используемыми в таких случаях сцинтилляционными спектрометрами.

Спектрометр-дозиметр “СПЕДОГ” может применяться в следующих областях: атомная энергетика - для получения характеристик полей гамма-излучения в специальных помещениях, оборудовании и на загрязненных территориях; службы охраны окружающей среды – для мониторинга радиационной обстановки; геология - для идентификации радиоактивных материалов в образцах породы; таможенные службы - для обнаружения и идентификации радиоактивных материалов, пересекающих границу.

Технические характеристики: энергетический диапазон 0,05...3МэВ; тип детектора – кремниевый детектор КХ605А; вид характеристики преобразования - Комптон-эффект; диапазон измерений мощности дозы: 0,1...2000мкЗв/час (0,01...200мР/час); чувствительность к γ -излучению ^{137}Cs (0,661МэВ) - 0,12имп.см²/фот; относительное энергетическое разрешение: по γ -линии 0,661МэВ 6%, по γ -линии 1,33МэВ - 3%; абсолютное энергетическое разрешение не хуже 30...40кэВ; погрешность определения плотности потока по площади пиков излучения γ -линий $\leq 20\%$; число каналов АЦП 256; число энергетических групп 16; число архивируемых спектров 99; погрешность определения мощности дозы 10%; время заданных экспозиций 1...9999 с; максимальная входная скорость счета 10^4 имп/с; время установления рабочего режима 1 мин; напряжение питания 12 В; время непрерывной работы 10 часов; назначенный срок службы 5 лет.



Спектрометр энергии гамма излучения СЕГ-001 “АКП-С”

предназначен для определения качественного и количественного состава гамма – излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды, сельскохозяйственной продукции, продуктах питания, строительных материалах, радиоактивных отходах. Сцинтилляционный блок детектирования NaI(Tl). Минимально измеряемая активность при

внешнем фоне 15 мкР/ч при экспозиции 1 час в сосуде Маринелли 1 л, Бк: по ^{137}Cs 1,2, по ^{226}Ra - 6,0, по ^{40}K – 20, по ^{232}Th - 3,0. Число каналов анализатора, не менее 1024.

Спектрометр энергий гамма-излучения сцинтилляционный СЕГ-001п «АКП-С»

предназначен для определения качественного и количественного состава гамма-излучающих радионуклидов в полевых и лабораторных условиях, поиска радиоактивных источников и аномалий, гамма-съемки местности, каротажа скважин. Спектрометр предназначен для работы в широком диапазоне температур, в условиях вибрации, повышенной влажности и пылеобразования. Спектрометр может использоваться в жестких внешних условиях: при аварийной ситуации, в полевых условиях, в передвижных лабораториях, в производственных и труднодоступных помещениях.



Спектрометр энергий гамма-излучений сцинтилляционный СЕГ-001пс «АКП-С»

предназначен для гамма-спектрометрии в сухих и заполненных водой скважинах. Блок детектирования БДЕГ16-АК с кристаллом NaI (Тl) 16x20 мм



Петербургский институт ядерной физики (ПИЯФ, Гатчина) разработал три типа портативных полупроводниковых спектрометрических приборов с термоэлектрически охлаждаемыми CdTe и Si (Li) детекторами.

Переносной спектрометр с Si (Li) детектором, охлаждаемым ТЭМО предназначен для преобразования квантов рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучений в пропорциональные по амплитуде электрические сигналы с одновременным их усилением, преобразованием в цифровой код и накоплением в буферной памяти для последующей передачи в персональный компьютер. Может быть использован для комплектации и создания концентраторов или другой ядерно-физической аппаратуры совместно с персональным компьютером.



Портативный анализатор ядерных материалов на основе CdTe детектора предназначен для преобразования квантов рентгеновского и гамма-излучений в пропорциональные по амплитуде электрические сигналы.

Составные части спектрометра:

А) Блок детектирования, содержащий CdTe детектор и головной каскад предварительного усилителя, смонтированные на термо-электрическом микрохладителе, собственно зарядочувствительный предусилитель, а также корректор потери заряда.



Б) Электронный блок, выполняющий функции питания и контроля работы блока детектирования. Базовым элементом блока является интегральная плата, на которой размещены преобразователи напряжения низковольтные, преобразователь напряжения высоковольтный, платы термоконтроллера, таймера и 3 аккумуляторные батареи.

Для обработки спектров разработана программа AN-MCA, позволяющая производить анализ основных характеристик спектра: вычислять центры пиков, энергетическое разрешение (на полувысоте и на 1/10 высоты пика), а также приводить прочие статистические данные по спектру. Предусмотрено выделение 3 областей интереса (зон).

Портативные РФ Анализаторы АМТК-20 и АМТК-21 предназначены для выполнения различных видов рентгено-флуоресцентного анализа на объектах непосредственно в точках контакта блока детектора прибора и исследуемой поверхности, т.е. без пробоподготовки. В этом смысле АМТК обеспечивает истинно неразрушающий режим измерений. Наибольшие преимущества прибор дает в тех задачах, когда в течение рабочей смены требуется выполнить сотни измерений на произвольно ориентированных в пространстве объектах, требующих перемещения оператора и быстрой коррекции стратегии измерений по мере накопления данных.



Приборы имеют интеллектуальное вооружение почти как у лабораторных приборов: диалоговый режим общения с оператором, позволяющий гибко менять режимы измерения, идентифицировать все измеряемые точки на объекте; режим адаптивной экспозиции в сочетании с заранее записанной программой обследования объекта, «ведущей» оператора во время работы, позволяет развить рекордную производительность; автоматическое формирование протокола измерений и возможность его распечатки прямо на месте инспекции; хранение до 400 исходных спектров на РСМСИА картах. Легкий и эргономичный блок детектора обеспечивает возможность измерения в труднодоступных для других датчиков местах, например, в желобе, борозде и т.п. с радиусом до 38 мм. Наилучшие точностные характеристики достигаются при измерении тяжелых и редкоземельных элементов и при контроле содержания свинца, ртути, тория и др. Измерение поверхностной плотности драг.металлов, в частности, золота в позолоченных объектах и продуктах обогащения, обнаружение металлов сквозь упаковку.

6.4 Нейтроны



Принцип действия спектрометра быстрых нейтронов с высоким амплитудным разрешением основан на отдельной регистрации протонов отдачи с последующей компенсацией нелинейности световых выходов жидкого органического сцинтиллятора. Основные характеристики: способность измерения спектра и плотности потока нейтронов в пределах $10 - 10^4 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ в диапазоне энергий 3 – 50 МэВ; аппаратное разрешение для 14 МэВ не хуже

20%; эффективность в диапазоне 3 -15 МэВ не ниже 0.2%.

Дозиметр-спектрометр нейтронов на базе дозиметра ДКС-96Н с набором замедлителей предназначен для определения энергетического спектра нейтронов. Применение: восстановление группового энергетического спектра нейтронов; определение средней мощности амбиентного эквивалента дозы; определение поправочных коэффициентов для результатов измерений амбиентного эквивалента дозы дозиметром нейтронов ДКС-96 в полях нейтронов с исследуемым энергетическим спектром; определение коэффициентов перехода к значениям эффективной дозы для определенных стандартных геометрий облучения.