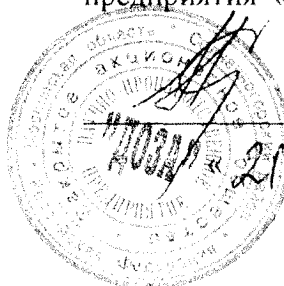


УТВЕРЖДАЮ

Директор Научно-производственного
предприятия «Доза»



К.Н.Нурлыбаев

» *мл* 2001 г.

**Комплекс спектрометрический для измерений активности
альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов
«ПРОГРЕСС»**

Руководство по эксплуатации

ФВКМ. 412131. 002 РЭ

2001г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
2. Назначение и область применения	3
3. Состав Комплекса «ПРОГРЕСС».....	3
4. Основные технические характеристики.....	5
5. Устройство Комплекса «ПРОГРЕСС».	
Работа гамма-спектрометрического тракта «Прогресс-гамма (ППД)»	8
6. Работа гамма- и бета-спектрометрических трактов «Прогресс-гамма (бета)».....	24
7. Работа альфа-спектрометрического тракта «Прогресс-альфа»	26
8. Описание программного обеспечения. Программный комплекс «ПРОГРЕСС-2000»	28
9. Методика поверки.....	28
10. Указания по транспортированию, хранению и размещению.....	29
11. Техническое обслуживание	29
12. Приложения:	
Программный комплекс «ПРОГРЕСС-2000». Руководство пользователя.	
МИ 1798-87. Методические указания. ГСИ. Альфа-спектрометры с полупроводниковыми детекторами. Методика поверки.	
МИ 1916-88. Методические указания. ГСИ. Гамма-спектрометры с полупроводниковыми детекторами. Методика поверки.	
Комплекс для измерений активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов спектрометрическим методом «ПРОГРЕСС». Методика поверки сцинтилляционных трактов регистрации гамма-излучения.	
Комплекс для измерений активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов спектрометрическим методом «ПРОГРЕСС». Методика поверки сцинтилляционного тракта регистрации бета-излучения.	
Комплекс для измерений активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов спектрометрическим методом «ПРОГРЕСС». Методика поверки радиометрического тракта регистрации альфа-излучения.	

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее «Руководство по эксплуатации» предназначено для изучения комплекса спектрометрического для измерений активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов «ПРОГРЕСС» (далее по тексту - Комплекс «ПРОГРЕСС») и содержит описание его устройства и принципа работы, технические характеристики, описание программного обеспечения и другие сведения, необходимые для правильного и полного использования возможностей комплекса.

В состав данного документа включены описание Комплекса «ПРОГРЕСС» в целом, описания самостоятельных измерительных трактов, описание программного обеспечения, описания или паспорта (в приложении) входящих в состав комплекса функциональных блоков и узлов, указания по поверке измерительных трактов. Предусмотрено предоставление пользователям Комплекса «ПРОГРЕСС» Руководства по эксплуатации в виде единого документа на конкретный измерительный тракт или сочетание измерительных трактов, включенных в состав поставляемого Комплекса «ПРОГРЕСС».

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Комплекс «ПРОГРЕСС» предназначен для измерений активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов в лабораторных условиях. Комплекс является средством измерения активности радионуклидов в пробах пищевых продуктов, воды и других объектов окружающей среды, биологических пробах, а также для определения и измерения активности гамма-излучающих нуклидов в теле человека и критическом органе спектрометрическим методом.

3. СОСТАВ КОМПЛЕКСА «ПРОГРЕСС»

3.1. Комплекс «ПРОГРЕСС» представляет собой лабораторную спектрометрическую установку в виде совокупности шести спектрометрических измерительных трактов, управляемых одной ПЭВМ. Каждый тракт состоит из спектрометрического блока детектирования, блоков низковольтного и высоковольтного питания, усилителя, подключенных к амплитудному анализатору на базе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и ПЭВМ.

3.2. Принцип действия Комплекса «ПРОГРЕСС» заключается в получении аппаратного спектра импульсов от детектора, регистрирующего соответствующее внешнее излучение измеряемого образца в фиксированных условиях измерения. Активность радионуклида в исследуемой пробе определяется путем обработки полученной спектрограммы на ПЭВМ с помощью специального пакета программ «ПРОГРЕСС-2000». Программное

обеспечение «ПРОГРЕСС-2000» состоит из набора независимых программ для каждого спектрометрического тракта, объединенных в единой программной оболочке. Пакет программ «ПРОГРЕСС-2000» позволяет управлять работой всего Комплекса «ПРОГРЕСС» и каждого самостоятельного спектрометрического тракта, анализировать спектрограмму и идентифицировать радионуклиды, определять активность соответствующих нуклидов в пробе, рассчитывать погрешность измерения активности и протоколировать результаты измерений.

3.3. Комплекс «ПРОГРЕСС» включает в себя шесть спектрометрических измерительных трактов, амплитудный анализатор на базе АЦП и персональной ЭВМ типа не ниже Р-500/32/10/SVGA с программным обеспечением для управления комплексом на всех этапах выполнения измерений активности образцов.

3.4. Альфа-спектрометрический тракт «Прогресс-альфа» содержит: полупроводниковый поверхностно-барьерный детектор альфа-частиц в вакуумной камере, вакуумный насос, усилитель, источники питания, дистансерное устройство, собранные в виде единого блока.

3.5. Бета-спектрометрический тракт «Прогресс-бета» содержит: сцинтилляционный блок детектирования из пластика, усилитель, источники питания, держатель измеряемого счетного образца и блок свинцовой защиты от фонового излучения, скомпонованные в едином корпусе.

3.6. Гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма» содержит: сцинтилляционный блок детектирования на основе кристалла йодистого натрия или йодистого цезия, источники питания, усилитель, блок свинцовой защиты от фонового излучения.

3.7. Гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма (ППД)» содержит: полупроводниковый блок детектирования на основе германий-литиевого детектора или на основе детектора из особо чистого германия, криостат с сосудом Дьюара для жидкого азота, предусилитель, усилитель, источники питания и свинцовую защиту от фонового излучения.

3.8. Гамма-спектрометрический тракт измерения гамма-излучения человека «Прогресс-СИЧ» содержит: сцинтилляционный блок детектирования на основе кристалла йодистого натрия или йодистого цезия, блоки питания, усилитель, коллиматор с поворотным устройством и держателем, кресло пациента.

3.9. Альфа-радиометрический тракт «Прогресс-АР» содержит: сцинтилляционный детектор на основе сернистого цинка в виде диска диаметром 60 мм в корпусе, усилитель, держатель-кювету для измеряемых образцов, блоки питания, собранные в едином корпусе.

3.10. Комплект поставки Комплекса «ПРОГРЕСС» включает:

- альфа-спектрометрический тракт «Прогресс-альфа» в сборе;
- бета-спектрометрический тракт «Прогресс-бета» в сборе;
- гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма» в сборе;

- гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма (ППД)» в сборе;
- гамма-спектрометрический тракт измерения гамма-излучения человека «Прогресс-СИЧ» в сборе;
- альфа-радиометрический тракт «Прогресс-АР» в сборе;
- аналого-цифровой преобразователь АЦП в виде платы или отдельного блока;
- персональную ЭВМ типа не ниже Р-500/32/10/SVGA с принтером;
- калибровочные радионуклидные источники из урана природного, плутония-239 и полония-210 для трактов измерения альфа-излучения, из стронция-90 для тракта измерения бета-излучения, из цезия-137, натрия-22 и калия-40 для сцинтилляционного и полупроводникового трактов измерения гамма-излучения, по 1 экземпляру для каждого тракта;
- сетевой стабилизатор напряжения типа «ПИЛОТ»;
- комплект соединительных кабелей для всех узлов;
- пакет программ «ПРОГРЕСС-2000»;
- руководство пользователя программного обеспечения «ПРОГРЕСС-2000»;
- руководство по эксплуатации Комплекса «ПРОГРЕСС» ФВКМ.412131.002РЭ;
- методики выполнения измерений активности нуклидов для каждого тракта;
- свидетельство о первичной поверке каждого измерительного тракта.

Примечание: Конкретный состав Комплекса «ПРОГРЕСС»: количество измерительных трактов (не более шести), типы блоков детектирования, тип персонального компьютера определяет Заказчик по условиям своих измерительных задач. Возможна поставка без компьютера и без свинцовых защитных блоков для сцинтилляционного и полупроводникового трактов измерения гамма-излучения (по просьбе Заказчика).

4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1. Комплекс «ПРОГРЕСС» эксплуатируется в лабораторных условиях при температуре от плюс 10 до плюс 35 °С и относительной влажности не более 75 %.

4.2. Питание Комплекса «ПРОГРЕСС» осуществляется от сети общего назначения с частотой переменного тока (50 ± 1) Гц и напряжением 220 В с допускаемым отклонением (+10 минус 15) % от номинального значения, с использованием стандартного сетевого стабилизатора, потребляемая мощность не превышает 500 ВА.

4.3. Время установления рабочего режима для каждого тракта не превышает 1 час.

4.4. Время непрерывной работы не менее 8 часов.

4.5. Вид характеристики преобразования для каждого спектрометрического тракта - линейный.

4.6. Максимальная загрузка статистических импульсов на входе $5 \cdot 10^3$ имп/с.

4.7. Дополнительная нестабильность счетной характеристики при изменении температуры в диапазоне от плюс 10 до плюс 35 °С составляет 0,1% /°С.

4.8. Нестабильность характеристики преобразования за 8 часов непрерывной работы не более 2%.

4.9. Специальные технические характеристики трактов:

4.9.1. Гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма (ППД)»:

- диапазон энергии регистрируемого гамма-излучения 50-2800 кэВ с энергетическим разрешением: по линии 122 кэВ – не более 5 кэВ; 662 кэВ – не более 7 кэВ; 1332 кэВ – не более 10 кэВ;
- интегральная нелинейность не более 0,1 % для всего диапазона энергии;
- минимальная измеряемая активность пробы в геометрии сосуда Маринелли объемом 1 литр за 1 час по следующим нуклидам (не более): Cs-137...10 Бк/кг, Ra-226...30 Бк/кг, K-40...100 Бк/кг, Th-232...30 Бк/кг при погрешности измерения 50 %;
- полупроводниковый детектор может иметь чувствительный объем от 60 до 260 см³.
- масса свинцовой защиты в пределах от 200 до 600 кг.

4.9.2. Гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма»:

- диапазон энергии регистрируемого гамма-излучения 200-2800 кэВ;
- энергетическое разрешение по линии 662 кэВ (цезий-137) в пределах (7-9) %;
- интегральная нелинейность не более 1 % для всего диапазона энергии;
- минимальная измеряемая активность пробы за 1 час по следующим нуклидам (не более): Cs-137...3 Бк/кг, Ra-226...8 Бк/кг, K-40...40 Бк/кг, Th-232...8 Бк/кг при погрешности измерения 50 %;
- масса свинцовой защиты 170 кг;
- кристалл сцинтилляционного детектора может иметь один из следующих размеров: Ø45×50 мм, Ø63×63 мм, Ø150×100 мм и Ø150×150 мм.

4.9.3. Альфа-спектрометрический тракт «Прогресс-альфа»:

- диапазон энергии регистрируемого альфа-излучения 2-8 МэВ;
- энергетическое разрешение для линии 5,1567 МэВ не более 40 кэВ;
- интегральная нелинейность не более 0,1 % для всего диапазона энергии;
- площадь чувствительной поверхности детектора от 200 до 3000 мм²;
- фон не более 100 импульсов за сутки;

- минимальная измеряемая активность плутония-238, плутония-239 и плутония-240 в тонкой пробе диаметром не более 5 мм составляет 0,1 Бк;
- масса блока детектирования в сборе 12 кг.

4.9.4. Бета-спектрометрический тракт «Прогресс-бета»:

- диапазон энергии регистрируемого бета-излучения 200-3000 кэВ;
- энергетическое разрешение по линии 624 кэВ не более 20 %;
- интегральная нелинейность не более 5 % для всего диапазона энергии;
- минимальная измеряемая активность стронция-90 в пробе массой 10 г в стандартной кювете за время измерения 1 час составляет 0,5 Бк при наличии калия-40 в пробе активностью до 5 Бк/г, и 0,1 Бк при отсутствии калия-40 в измеряемой пробе;
- размер пластикового сцинтиллятора составляет $\varnothing 70 \times 10$ мм или $\varnothing 40 \times 10$ мм;
- масса блока с защитой не более 50 кг.

4.9.5. Гамма-спектрометрический тракт измерения гамма-излучения человека «Прогресс-СИЧ»:

- диапазон энергии регистрируемого гамма-излучения 200 – 2800 кэВ с энергетическим разрешением по линии 662 кэВ (цезий-137) (7-9) %;
- минимальная измеряемая активность за время измерения 10 минут: цезий-137 во всем теле человека - не более 1200 Бк, йод-131 в щитовидной железе - не более 100 Бк.

4.9.6. Альфа-радиометрический тракт «Прогресс-АР»:

- диапазон энергии регистрируемого альфа-излучения от 1,5 до 8 МэВ;
 - фоновая скорость счета $4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ и минимальная измеряемая активность за время измерения 1 час в режиме «толстых» проб не более 180 Бк/кг и в режиме «тонких» проб не более $9 \cdot 10^{-3}$ на пробу;
 - размер сцинтилляционного детектора на основе сернистого цинка в виде диска имеет диаметр 60 мм;
 - размеры блока составляют (мм): 195×120×210, масса 3,4 кг.
- 4.10. Метрологические характеристики измерительных трактов - эффективность регистрации (чувствительность) излучения, фон, скорость счета от контрольного источника - определяются для каждого тракта при вводе в эксплуатацию Комплекса «ПРОГРЕСС» в зависимости от условий конкретной измерительной задачи Заказчика и заносятся в Свидетельство о первичной поверке.

5. УСТРОЙСТВО КОМПЛЕКСА «ПРОГРЕСС».

РАБОТА ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ТРАКТА

«ПРОГРЕСС-ГАММА (ППД)»

Каждый измерительный тракт Комплекса «ПРОГРЕСС» может эксплуатироваться как самостоятельное средство измерений. Предусмотрена возможность одновременной работы всех шести трактов, управляемых одной ПЭВМ. Детальное рассмотрение устройства и работы Комплекса «ПРОГРЕСС» приведено на примере тракта регистрации гамма-излучения с полупроводниковым детектором ДГДК-80Б с сосудом Дьюара СК-25. Работа с остальными измерительными трактами выполняется аналогично, в соответствии с руководством по эксплуатации на каждый тракт или сочетание трактов, предоставляемым пользователю согласно варианту комплектации Комплекса «ПРОГРЕСС» по его заказу. (Следует учитывать указания и особенности для каждого устройства детектирования, приведенные в документах на него).

Рассматриваемый гамма-спектрометрический тракт «Прогресс-гамма (ППД)» с полупроводниковым детектором для измерения активности гамма-излучающих нуклидов для краткости изложения далее в тексте данного раздела назван как «Гамма-спектрометр «Прогресс-гамма (ППД)».

5.1. Гамма-спектрометр «Прогресс-гамма (ППД)» включает в себя следующие функциональные узлы и блоки (приведен один из конкретных вариантов поставки):

- детектор гамма-излучения германиевый типа ДГДК-80Б с сосудом Дьюара СК-25;
- предусилитель спектрометрический зарядочувствительный ПУ-Г-1 К2,
- блок усиления импульсный БУИ-3К;
- блок амплитудного преобразователя БПА-01Ф;
- каркас КЧ-01Ф;
- плата интерфейса;
- блок питания БНН-08Ф;
- блок питания БНВ-31;
- ПЭВМ IBM PC/AT-486-66;
- печатающее устройство Epson LQ-100 (или аналогичное по характеристикам);
- пакет программ для управления режимами работы и обработки спектрометрической информации «ПРОГРЕСС-2000» на жестком диске ПЭВМ и дискетах;
- комплект электрических кабелей для соединения функциональных блоков;
- защита из свинцовых кирпичей БС-50;
- дистансерное устройство (держатель источника).

5.2. Принцип работы гамма-спектрометра «Прогресс-гамма (ППД)» основан на преобразовании энергии гамма-кванта в электрический сигнал, амплитуда которого пропорциональна энергии, потерянной гамма-квантом в блоке детектирования спектрометра. Элементом, преобразующим энергию гамма-излучения в электрический сигнал, является германиевый детектор. Принцип работы германиевого детектора аналогичен принципу работы твердотельной ионизационной камеры. При попадании гамма-кванта в чувствительный объем детектора происходит его взаимодействие с кристаллической решеткой монокристалла германия. В результате этого взаимодействия гамма-квант теряет свою энергию или полностью (фотоэффект) или частично (эффект Комптона) на образование электронно-«дырочных» пар, количество которых пропорционально энергии, потерянной гамма-квантом в чувствительном объеме детектора. Под действием приложенной к детектору разности потенциалов (рабочего напряжения) электроны и «дырки» собираются на соответствующих электродах детектора, образуя заряд Q :

$$Q = \frac{E_{\gamma}}{\varepsilon} e,$$

где E_{γ} - энергия, потерянная гамма-квантом в чувствительном объеме детектора; ε - энергия, необходимая для образования одной электронно-«дырочной» пары;

e - заряд электрона.

Амплитуда импульса U на выходе детектора, определяется выражением:

$$U = \frac{Q}{C},$$

где C - емкость детектора.

Таким образом, значение U также пропорционально энергии, потерянной гамма-квантом в чувствительной области детектора.

Сигнал, поступающий с полупроводникового детектора, подается на вход низкочастотного, зарядочувствительного предусилителя, где он усиливается с минимальными искажениями от шумовых эффектов. Далее сигнал поступает на вход импульсного усилителя, в котором происходит его основное линейное усиление. Кроме того, блок усиления осуществляет формирование спектрометрических импульсов в соответствии с задаваемыми постоянными времени формирования, что позволяет получить оптимальное соотношение сигнал/шум. Сформированный сигнал, имеющий форму, близкую к кривой Гаусса (нормального распределения), с выхода блока усиления подается на вход блока амплитудного преобразования (БПА). Здесь происходит преобразование амплитуды импульса в цифровой код. БПА обеспечивает работу в одном из заданных режимов: 4096, 2048 и 1024 каналов (при ширине

канала 1,25; 2,5 и 5 мВ соответственно). Далее отсортированный по амплитуде сигнал через интерфейсную плату поступает на вход процессора ПЭВМ, где и запоминается. Процессор совместно с блоком БПА, таким образом, образуют программируемый многоканальный амплитудный анализатор, сортирующий поступающие импульсы по их амплитудам в соответствующие каналы, запоминающий эту информацию и обеспечивающий вывод полученной информации на экран монитора или на бумажный носитель через принтер, подключаемый к ПЭВМ.

5.3. Программы, входящие в состав программного комплекса «ПРОГРЕСС-2000», позволяют управлять анализатором в различных режимах и автоматизировать процесс обработки спектрометрической информации. Работа с программами и управление ПЭВМ осуществляется с помощью клавиатуры, входящей в состав ПЭВМ. С целью снижения числа фоновых импульсов, германиевый детектор помещают в защиту из свинцовых кирпичей.

Блок-схема гамма-спектрометра представлена на рис. 1.

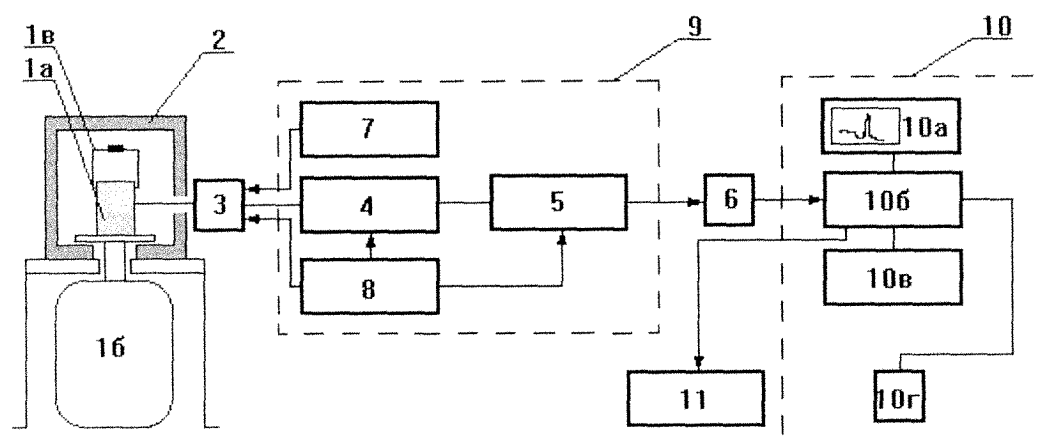


Рис. 1. Блок-схема гамма-спектрометра

1 - блок детектирования (1а - германиевый детектор типа ДГДК, 1б - сосуд Дьюара СК-25 с жидким азотом; 1в - дистансерное устройство); 2 - свинцовая защита; 3 - предусилитель ПУ-Г-1К2; 4 - блок усиления БУИ-3К; 5 - блок амплитудного преобразователя БПА-01Ф; 6 - плата интерфейса; 7 - высоковольтный источник питания БНВ-31; 8 - низковольтный источник питания БНН-08Ф; 9 - каркас К4-01Ф; 10 - ПЭВМ IBM PC/AT-486-66 (10а - монитор, 10б - процессор, 10в - клавиатура, 10г - "мышь"); 11 - печатающее устройство Epson LQ-100.

5.4. При испускании источником (измеряемым счетным образцом) моноэнергетического гамма-излучения спектрометр будет регистрировать не истинный гамма-спектр, а так называемый аппаратный спектр, т.е. распределение импульсов по каналам анализатора в соответствии с их амплитудами или, другими словами, число зарегистрированных гамма-квантов в зависимости от их энергии (номера канала). Типичный аппаратный спектр

полупроводникового гамма-спектрометра, полученный в результате регистрации моноэнергетического гамма-излучения, показан на рис.2.

Как видно из рисунка 2, в аппаратном спектре можно выделить две компоненты. Первая компонента называется комптоновским распределением и обусловлена взаимодействием гамма-квантов с детектором за счет комптоновского эффекта, при котором гамма-кванты теряют в чувствительном объеме детектора только часть своей энергии. Вторая компонента называется пиком полного поглощения (ППП). Она обусловлена регистрацией импульсов от гамма-квантов, полностью потерявших свою энергию в детекторе за счет фотоэффекта и многократного комптоновского взаимодействия.

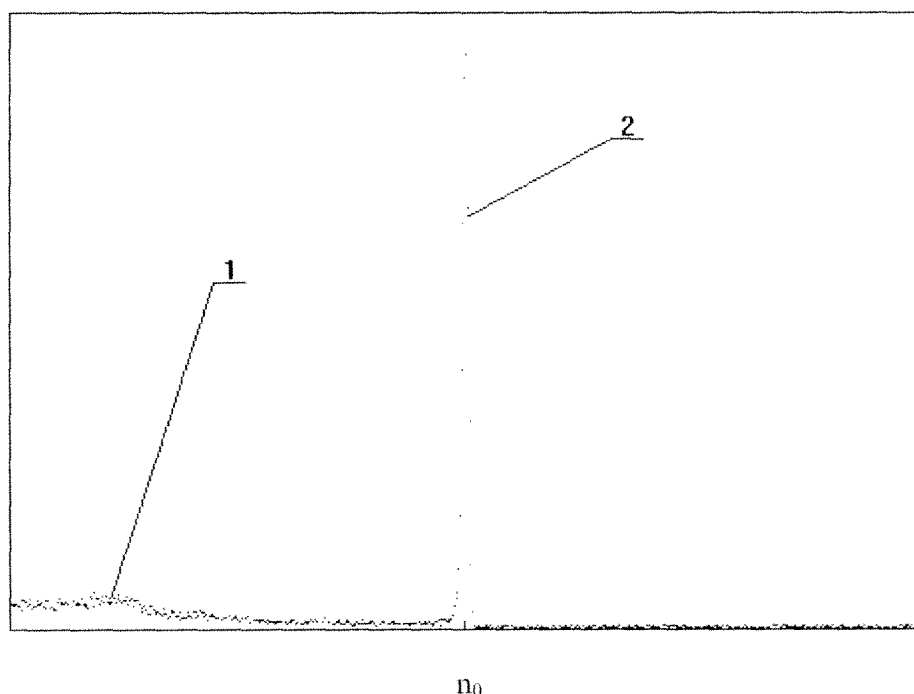


Рис.2. Аппаратурный спектр моноэнергетического гамма-излучения, измеренный на гамма-спектрометре с полупроводниковым детектором. 1 - комптоновское распределение, 2 - пик полного поглощения, n_0 - положение максимума пика полного поглощения.

Примечание: Данный аппаратный спектр характерен для гамма-квантов с энергией $E_\gamma \leq 1022$ кэВ. При энергии $E_\gamma > 1022$ кэВ форма аппаратного спектра усложняется.

Наиболее информативной частью аппаратного спектра является ППП, поскольку его максимум n_0 отождествляют с энергией регистрируемого гамма-излучения, а его площадь (сумма импульсов, зарегистрированных в границах ППП за вычетом фоновых импульсов) пропорциональна внешнему гамма-излучению - числу гамма-квантов данной энергии, испускаемому источником (счетным образцом).

5.5. Гамма-спектрометр относится к приборам, в которых реализован принцип относительных измерений и поэтому перед измерениями он должен быть отградуирован.

Градуировочная характеристика по энергии (зависимость номера канала анализатора от энергии зарегистрированного гамма-кванта) позволяет определять энергию регистрируемого гамма-излучения E_γ и по ней идентифицировать радионуклид. Градуировочная характеристика по эффективности регистрации (зависимость эффективности регистрации гамма-излучения от энергии E_γ) позволяет измерять внешний выход гамма-квантов определенной энергии, испускаемых источником, а через него рассчитать активность содержащегося в источнике нуклида.

Градуировка по энергии осуществляется при каждом измерении - или перед измерением, или в процессе проведения измерений. Градуировка по эффективности регистрации проводится в процессе первичной поверки (метрологической аттестации) и контролируется при последующих поверочных работах.

5.6. Устройство и работа составных частей спектрометра

5.6.1. Блок детектирования.

5.6.1.1. *Детектор германиевый диффузионно-дрейфовый ДГДК-80Б* представляет собой непосредственно чувствительный элемент из монокристаллического германия, установленный в вакуумном криостате. Чувствительный элемент смонтирован на хладопроводе, опущенном в сосуд Дьюара с жидким азотом. Благодаря этому монокристалл находится постоянно при температуре, близкой к температуре жидкого азота. Площадь чувствительной поверхности детектора приблизительно равна 13 см^2 , толщина чувствительной поверхности кристалла до наружной поверхности крышки криостата 7 мм.

5.6.1.2. *Сосуд Дьюара*. В блоке детектирования используется сосуд криогенный СК-25. Емкость сосуда не менее 26,5 л. Потери от испарения составляют 0,0163 кг/ч. Масса порожнего сосуда 11,5 кг. Размеры: $\varnothing 447 \times 530 \text{ мм}$.

Примечание: Допускается использование сосуда Дьюара другого типа.

5.6.1.3. Дистансерное устройство.

Оно представляет собой устройство для фиксированного размещения измеряемого образца относительно детектора и состоит из нескольких дюралевых колец различной высоты, которые вставляются друг в друга. Нижнее кольцо устанавливается на торец детектора. Верхнее кольцо имеет перемычку, в центре которой расположено круглое отверстие с бортиком, куда устанавливается плоский источник. Несоосность центра отверстия и центра торца детектора не превышает 0,5 мм на высоте 10 см.

Примечание: Дистансерное устройство устанавливается только в том случае, когда измеряется плоский источник.

5.6.2. Предусилитель.

Предусилитель спектрометрический зарядочувствительный ПУ-Г-1К2 предназначен для линейного преобразования выходного сигнала от детектора гамма-излучения в импульсы напряжения. Он представляет собой малощумящий усилитель, состоящий из зарядочувствительной секции и секции токового усиления. В предусилителе смонтирована также цепь подачи высокого напряжения на детектор. Принципиальная электрическая схема предусилителя приведена в паспорте ел2.035.012-02ПС. Масса предусилителя не превышает 0,35 кг.

5.6.3. Блок усиления.

Блок усиления импульсный БУИ-3К осуществляет линейное усиление и формирование импульсов с блока детектирования гамма-излучения. Коэффициент усиления переключается ступенями: 20; 50; 100; 200; 500; 1000. Переключаемые постоянные времени формирования равны 1; 2; 4; 8 мкс. Электрическая принципиальная схема блока усиления приведена в паспорте ел2.035.021ПС.

Габаритные размеры 40×239×375 мм. Масса блока - не более 2 кг.

5.6.4. Блок амплитудно-цифрового преобразования (АЦП).

Блок АЦП БПА-01Ф предназначен для измерения амплитуд импульсов, поступающих с усилителя в случайные или периодические моменты времени. Результаты измерений представляются в форме параллельного двоичного кода.

По своей сути БПА-01Ф представляет собой аналоговую часть многоканального амплитудного анализатора импульсов, задающую рабочий диапазон измеряемых амплитуд (0,1-10 В), ширину канала (1,25; 2,5; 5 мВ) и соответствующее этим значениям число каналов (4096, 2048, 1024).

Принципиальная электрическая схема БПА-01Ф представлена в техническом описании еФ3.036.002ТО.

Габаритные размеры блока 40×239×373 мм. Масса блока не более 3 кг.

5.6.5. Блок питания высоковольтный.

Блок питания БНВ-31 предназначен для питания высоковольтным стабилизированным напряжением германиевого детектора и установления на нем оптимального рабочего напряжения. Выходное напряжение блока регулируется плавно от 0,1 до 4 кВ. Принципиальная электрическая схема БНВ-31 представлена в техническом описании и инструкции по эксплуатации ЖШ2.200.092ТО. Габаритные размеры блока 40×240×375 мм. Масса блока не превышает 3 кг.

5.6.6. Блок питания низковольтный и каркас.

Блок питания низковольтный БНН-08Ф предназначен для питания низким напряжением приборов и блоков, входящих в состав спектрометрического тракта: предусилителя, блока усиления, блока преобразования амплитуд, высоковольтного блока. Он вырабатывает постоянно с выходное напряжение следующих номиналов: ± 6 В; ± 12 В; ± 24 В.

Электрическая схема БНН-08Ф представлена в паспорте уФ2.087.020ПС.

Разводка вырабатываемых блоком напряжений осуществляются в каркасе КЧ-01Ф, куда непосредственно устанавливаются все вышеперечисленные функциональные блоки, при этом сам блок БНН-08Ф устанавливается в крайнее правое положение.

Принципиальная электрическая схема каркаса представлена в паспорте еФЧ.137.058ПС. Габаритные размеры каркаса 266×476×286 мм. Масса каркаса не более 6 кг.

5.6.7. Плата интерфейса.

Плата связи АЦП-ЭВМ представляет собой параллельный порт, состоящий из двух регистров с физическими адресами доступа 912 (младший байт) и 913 (старший байт) в стандарте шины EISA IBM PC. По сигналу “конец преобразования” АЦП в регистры записывается результат преобразования (12 бит) и формируется запрос на прерывание IRQ10. В процессе обработки прерывания ЦП считывает младший байт (8 младших разрядов результата) и старший, содержащий четыре старших разряда. В момент окончания чтения старшего байта (на положительный перепад сигнала IOR) формируется сигнал сброса АЦП в исходное состояние.

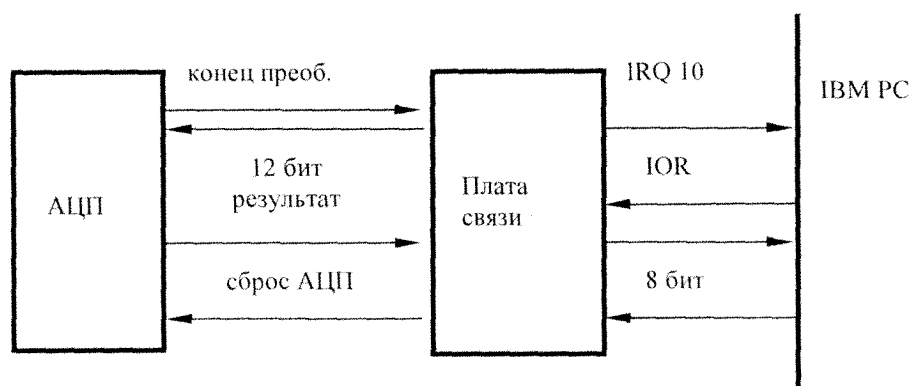


Рис.3. Перечень команд, проходящих через плату связи.

Плата связи установлена в слоте расширения материнской платы IBM PC/AT.

5.6.8. Персональный компьютер ПЭВМ IBM PC/AT.

Персональный компьютер IBM PC/AT-486-66, которым оснащен спектрометр, включает следующие функциональные устройства: процессор, накопитель на жестком магнитном диске, монитор, клавиатура, “мышь”, накопители на гибких магнитных дисках, программное обеспечение.

5.6.8.1. *Процессор персонального компьютера содержит:*

- основной 32-разрядный микропроцессор типа 486, управляющий работой компьютера и выполняющий все необходимые вычисления; микропроцессор может обрабатывать 4-байтовые целые числа и адреса;
- оперативную память, в которой располагаются программы, выполняемые компьютером и используемые программами данные;
- контроллеры (электронные схемы), управляющие работой различных устройств, входящих в компьютер (монитора, накопителя на магнитных дисках и т.д.);
- порты ввода-вывода, через которые процессор обменивается данными с внешними устройствами.

Размеры процессора 400×180×325 мм.

5.6.8.2. *Клавиатура.*

Клавиатура предназначена для введения символов в компьютер. Она позволяет передавать в процессор необходимые команды, выбирать нужный режим измерения и обработки спектрометрической информации, осуществлять диалог оператора с ЭВМ как в процессе подготовки и проведения измерений, так и при анализе полученных данных.

5.6.8.3. *Монитор (дисплей)*

Монитор служит для вывода на экран текстовой и текущей информации. Он выполняет также роль экрана многоканального анализатора, на который выводится аппаратный спектр как во время его набора, так и после измерения. Спектрометр укомплектован цветным монитором типа SVGA. Он может работать в одном из двух режимов: текстовом или графическом. Разрешающая способность в текстовом режиме 80×50, в графическом - 640×480. Размеры монитора составляют 380×362×331 мм.

Масса монитора -12 кг.

5.6.8.4. *Накопитель на жестком магнитном диске (винчестер)*

Винчестер служит для постоянного хранения информации, используемой при работе с компьютером: программ операционной системы, редакторов документов, трансляторов с языков программирования, программ по обработке аппаратных спектров гамма-излучения с выдачей результатов измерений и т.д.

Конструктивно винчестер находится в одном каркасе с микропроцессором.

5.6.8.5. *Накопители на гибких магнитных дисках (дискеты).*

Накопители на гибких магнитных дисках служат для передачи или переноса информации на другой компьютер, хранить эту информацию, делать архивные копии.

В корпусе компьютера расположены два дисководы: для дискет размером 5,25 дюйма (133 мм) и дискет размером 3,5 дюйма (89 мм)

5.6.9. Печатающее устройство (принтер).

Печатающее устройство предназначено для вывода информации из ПЭВМ на бумажный лист. Спектрометр оснащен печатающим устройством EPSON LQ-100, позволяющим выводить как текстовую, так и графическую (рисунки, графики и т.п.) информацию.

5.6.10. “Мышь” - это манипулятор для ввода информации в компьютер. Все команды, подаваемые с помощью “мыши”, могут подаваться и непосредственно с клавиатуры.

5.6.11. Программное обеспечение.

Комплект программ «ПРОГРЕСС-2000», прилагаемых к Комплексу «ПРОГРЕСС», обеспечивает возможность управления работой АЦП и автоматизированной обработки аппаратных спектров как при градуировке спектрометра, так и при измерении источников (счетных образцов).

При градуировке спектрометра по энергии программа обеспечивает поиск пиков полного поглощения (реперных линий), полученных при измерении спектра гамма-излучения известной энергии от образцовых источников.

Процедура поиска пиков полного поглощения определяет позиции пиков по значению второй производной от спектра. Критерием наличия пика в канале j является отрицательное значение второй производной, отличающееся от нуля более чем на величину собственной погрешности:

$$-\sum_i S_i \cdot f(i-j) > 4 \sqrt{\sum_i S_i f^2(i-j)}, \quad (1)$$

где S_i - число отсчетов в канале i , $f(x)$ - функция фильтра для расчета второй производной. Дальнейшая обработка данных заключается в аппроксимации положений реперных линий от их энергии зависимостью:

$$E_{\gamma} = E_0 + S \cdot p$$

где S - энергетическая цена канала анализатора, в единицах кэВ/канал; p - номер канала анализатора, в котором регистрируется максимум ППП от гамма-квантов с энергией E_{γ} ; p_0 - номер канала нулевой энергии.

Аппроксимация проводится методом наименьших квадратов, при котором минимизируется величина

$$\sum \Delta E_i^2 \rightarrow \min,$$

где ΔE_i - отклонение экспериментальной точки от полученной градуировочной прямой.

Программа позволяет с использованием образцовых мер с известными значениями активности и энергии внешнего гамма-излучения построить градуировочную характеристику по эффективности регистрации $\varepsilon(E)$ для выбранной геометрии измерений. Для этого осуществляется отбор наиболее интенсивных ППП в градуировочном спектре, определяются их площади и рассчитываются соответствующие им значения эффективности регистрации ε_{E_i} для гамма-квантов с энергиями E_i .

Полученные экспериментальные точки аппроксимируются кривой зависимости эффективности регистрации от энергии квантов, имеющей вид:

$$\varepsilon(E) = AE^{-\alpha} \cdot \exp[-B \exp(-\beta E)], \quad (3)$$

где E - энергия гамма-квантов, которым соответствует эффективность ε , а множители A , α , B , β - коэффициенты аппроксимации, рассчитываемой программой методом наименьших квадратов.

При обработке спектров аттестуемых источников (счетных образцов) программа обеспечивает последовательное выполнение следующих процедур:

1. Поиск максимумов ППП.
2. Определение радионуклидного состава источника (счетного образца).
3. Расчет функции отклика спектрометра на излучение каждого радионуклида, находящегося в источнике.
4. Расчет активности радионуклидов и погрешности.

Точное значение позиции пика полного поглощения, ширины пика и его площади определяется методом наименьших квадратов при аппроксимации спектра в окрестности точки j зависимостью

$$S_{p_i} = P(i-j) + a \cdot i + b + \frac{\partial P}{\partial i} \cdot \Delta j + \frac{\partial P}{\partial D} \cdot \Delta D, \quad (4)$$

где a и b - коэффициенты аппроксимации спектра фонового излучения, Δj - поправка к позиции ППП, определенной из условия (1), ΔD - поправка к ширине ППП, $P(i-j)$ - форма пика полного поглощения, определяемая как

$$P_0(x) = \exp\left(\frac{x^2}{D^2}\right) + K(x), \quad (5)$$

где $K(x)$ - численно заданная форма комптоновской части спектра.

В дальнейших расчетах используются только значения номеров каналов анализатора, в которых находятся максимумы ППП. Значения ширины пиков и их площадей образуют список параметров пиков, который программа выводит на экран и в текстовый файл, но не использует при расчете активности.

При определении радионуклидного состава программа составляет список радионуклидов, предположительно присутствующих в пробе. В список включается:

- радионуклиды, помеченные в файле конфигурации как обязательные;
- радионуклиды, для которых во всех позициях, соответствующих энергиям излучаемых ими гамма - квантов найдены ППП;
- радионуклиды, для которых ППП найдены не во всех позициях, но в тех позициях, где они не найдены, оцененное значение второй производной от функции отклика спектрометра на излучение данного радионуклида по модулю не превышает значения погрешности расчета второй производной от измеренного спектра. Состав библиотеки, из которой строится список радионуклидов, задается в файле конфигурации.

Для каждого включенного в список радионуклида строится функция отклика спектрометра P . При этом используются определенные при аттестации спектрометра зависимость эффективности регистрации от энергии, зависимость ширины ППП от энергии и форма комптоновской части спектра для различных энергий ППП. Активность радионуклидов определяется решением системы уравнений:

$$S_e - F_e + \frac{\partial(S - F)}{\partial e} \cdot (\alpha e + \delta) = \sum_{i=1}^n A_i \cdot P_i[e + \Delta e] + b_j, \quad (6)$$

методом наименьших квадратов по всем точкам спектра, попадающим в выделенные интервалы с весами $1/\sqrt{S_e}$ относительно переменных α , δ , A_i , a_j , b_j .

Здесь: e - индекс канала анализатора (уравнения);

i - индекс группы радионуклидов;

j - индекс интервала, на который попадает канал e ;

$S[e]$ - скорость счета за вычетом фона в канале e ;

P_{ie} - расчетная функция отклика спектрометра в канале e на излучение группы нуклидов;

α и δ - коэффициенты, учитывающие возможный уход энергетической калибровки за время измерения;

b_j - коэффициент, учитывающий возможную систематическую погрешность расчета функций отклика на интервале j ;

Δe - при расчете активности равен 0. Используется процедурой статистических испытаний при расчете погрешности.

Погрешность расчета активности оценивается как сумма определенной при аттестации систематической составляющей и статистической погрешности, которая определяется из распределения вероятности появления результата при статистических испытаниях (решениях

системы б) для случайных вариаций в соответствии с Гауссовым законом распределения погрешности скоростей счета в каналах S_c и индекса Δc в пределах возможного дрейфа энергетической калибровки.

Комплекс программ записан на магнитном носителе (винчестере) и продублирован на дискете. Программа работает в диалоговом режиме, что упрощает процесс обработки и позволяет оператору вмешиваться в обработку на любом этапе.

5.7. Контрольно-измерительные приборы

Для настройки и контроля работы гамма-спектрометра используются следующие средства измерения:

- комплект образцовых спектрометрических гамма-источников типа ОСГИ или ОСГИ-М (используется для проверки работоспособности прибора и определения его основных характеристик: энергетического разрешения, диапазона измерения, градуировки по энергии, интегральной нелинейности, временной нестабильности, частотной загрузки в диапазоне энергий 60-3000 кэВ;
- осциллограф типа С1-65 или другой с аналогичными характеристиками (для проверки прохождения сигнала на выходе функциональных блоков, контроля параметров выходных импульсов);
- генератор импульсов стабильной амплитуды типа Ortec-448 или NZ-635 (для настройки отдельных электронных блоков);
- измеритель силы тока, напряжения, сопротивления любого типа (для проверки соединительных кабелей, качества заземления и т.п.).

5.8. Размещение и монтаж

5.8.1. Общие рекомендации.

Гамма-спектрометр размещают стационарно в лабораторном помещении, обеспечивающем нормальные условия эксплуатации. Помещение, в котором расположен гамма-спектрометр, должно иметь санитарный паспорт, дающий право на работу с источниками ионизирующих излучений по 3-му разряду.

Блок детектирования с защитой должен монтироваться в той части помещения, где возможность возникновения вибрации минимальна (ближе к углу или стене комнаты). Лабораторный стол должен быть установлен таким образом, чтобы не возникало проблем с подключением блоков к сетевым розеткам и с их заземлением. Должно быть исключено попадание прямых солнечных лучей на экран монитора.

5.8.2. Установка персонального компьютера.

5.8.2.1. Соединить монитор с процессором многожильным кабелем с 15-штырьковым разъемом.

5.8.2.2. Соединить клавиатуру с процессором кабелем с 5-штырьковым разъемом.

5.8.2.3. Соединить принтер с процессором кабелем с 36-штырьковым разъемом.

5.8.2.4. Соединить “мышь” с процессором кабелем с 9-штырьковым разъемом.

5.8.2.5. Подсоединить процессор и принтер сетевыми кабелями к блоку бесперебойного питания, предварительно поставив на них переключатели напряжения в положение 220 В.

5.8.2.6. Заземлить блок бесперебойного питания медным проводом сечением не менее 1,5 мм².

5.8.2.7. Нажать последовательно кнопки “сеть” (кнопка или переключатель “power”) блока бесперебойного питания, монитора, процессора, принтера. На экране будут отображаться сообщения о ходе начальной загрузки компьютера. Когда начальная загрузка операционной системы будет закончена, на экране монитора должны высветиться панели Norton Commander. Это говорит о готовности компьютера к работе.

5.8.3. Монтаж и настройка аналоговой части гамма-спектрометра.

5.8.3.1. Установить над детектором с сосудом Дьюара монтажный столик и на нем выложить защиту из свинцовых блоков.

5.8.3.2. Подключить предусилитель к детектору.

5.8.3.3. Установить в каркас КЧ-01Ф последовательно блоки БНВ-31, БУИ-3К, БПА-01Ф и БНН-08Ф, причем последний блок - в крайнее правое положение.

5.8.3.4. Заземлить каркас КЧ-01Ф, для чего «земляную» клемму каркаса соединить с шиной «земля» помещения медным проводом сечением не менее 1,5 мм².

5.8.3.5. Соединить выход 2 предусилителя с разъемом “вход” блока БУИ-3К, гнездо “питание ±24 В” с разъемом питания “ПУ±24 В” блока БУИ-3К, гнездо “питание Дт” с гнездом “ПИТ.ДЕТ” блока БНВ-31.

5.8.3.6. Соединить гнездо “ВЫХОД” блока БУИ-3К с входом блока БПА-01Ф.

5.8.3.7. Соединить выход блока БПА-01Ф с входным разъемом процессора.

5.8.3.8. Подключить к сети сетевым кабелем каркас КЧ-01Ф.

5.8.3.9. Выполнить операции по п.8.2.6. и включить блок БНН-08Ф путем нажатия кнопочного переключателя ⊕ на передней панели блока.

5.8.3.10. Включить блок БНВ-31 тумблером питания.

5.8.3.11. Включить тумблер высокого напряжения блока БНВ-31 и установить ручкой потенциометра регулирования выходного напряжения рабочее напряжение на детектор (в соответствие с паспортом на детектор).

5.8.3.12. Установить на торце детектора источник ^{137}Cs и наблюдать на экране монитора аппаратный спектр, который по форме должен соответствовать рисунку 1.

5.9. Общие указания

5.9.1. *Германиевый детектор*, входящий в состав СЭГ-П-РЭ1, должен постоянно находиться при температуре жидкого азота. Поэтому регулярно, не реже одного раза в неделю необходимо заполнять сосуд Дьюара, на котором установлен детектор, жидким азотом.

5.9.2. *Высокое напряжение* на детектор должно подаваться только после включения всей аппаратуры в сеть. Снятие высокого напряжения с детектора производится до отключения аналоговой части спектрометра.

5.9.3. *Дискеты*, используемые при работе со спектрометром, надо хранить в бумажном конверте. Не гнуть и не трогать руками открытые участки магнитного покрытия, не допускать попадания пыли на дискету.

5.10. Указания мер безопасности

5.10.1. Перед началом работы необходимо ознакомиться с «Руководством по эксплуатации Комплекса «ПРОГРЕСС» и приложениями к нему.

5.10.2. Перед включением спектрометра в сеть необходимо убедиться в наличии заземления.

5.10.3. Включение высокого напряжения производить лишь при подключенном высоковольтном кабеле и включенной аппаратуре.

5.10.4. Ремонт и замену функциональных блоков производить только после отключения этих блоков от сети питания.

5.10.5. Работа с радиоактивными источниками должна производиться в соответствии с НРБ-99 и инструкциями по работе с источниками ионизирующих излучений и радиоактивными веществами на предприятии.

5.10.6. Заливку жидкого азота в сосуд Дьюара необходимо осуществлять в соответствие с инструкцией по работе со сжиженными газами. Не допускать разбрызгивания жидкого азота на незащищенные участки тела.

5.10.7. При подготовке к работе функциональных блоков и в процессе их эксплуатации необходимо также выполнять указания мер безопасности, изложенные в документации на эти блоки.

5.11. Подготовка к работе.

5.11.1. Убедиться в наличии электрических соединений узлов компьютера и аналоговых блоков спектрометра.

5.11.2. Убедиться в наличии заземления сетевого фильтра, блоков питания и каркаса.

5.11.3. Убедиться, что переключатель сетевого напряжения в компьютере находится в положении “220 В”.

5.11.4. Последовательно включить в сеть кнопками или тумблерами принтер, процессор, монитор, БНН-08Ф и БНВ-31.

5.11.5. Включить тумблер высокого напряжения и установить переключателем на высоковольтном блоке требуемое высокое напряжение для питания детектора.

5.11.6. После завершения времени установления рабочего режима (прогрев всех блоков в течение 1 часа) спектрометр готов к работе.

5.12. Порядок работы при измерении активности гамма-излучающих нуклидов

5.12.1. Установить на детектор источники ^{137}Cs и ^{40}K . Курсором осуществить переход в директорию PROGRESS-2000 и запустить файл p.bat, нажав клавишу Enter (ввод).

5.12.2. Клавишами управления курсора (или “мышью”) установить курсор на поле “эн. калибровка” гамма-спектрометра ППД.

5.12.3. Нажать клавишу Enter, либо левую кнопку “мыши”. Появляется окно с надписью “калибровка по энергии”.

5.12.4. Клавишами управления, либо “мышью” установить курсор на поле “продолжить” и нажать клавишу Enter или левую кнопку “мыши”. В левом углу начинается отсчет времени набора спектра, которое задано в файле конфигурации (300 с). После окончания набора на экране появляется суммарный калибровочный гамма-спектр источников ^{137}Cs и ^{40}K .

5.12.5. Программа проводит автоматический поиск максимумов ППП ^{137}Cs и ^{40}K и присваивает им соответствующие значения энергии. Затем на экране появляется окно со служебной информацией, в которой приводится уравнение линейной градуировочной характеристики $E=S(n-n_0)$, где n - номер канала, n_0 - канал нулевой энергии, S - энергетическая цена канала в кэВ/канал.

5.12.6. Нажать клавишу Enter. На этом калибровка по энергии закончена.

5.12.7. Снять с детектора источники и закрыть крышку защиты.

5.12.8. Курсором или “мышью” выбрать позицию “Контроль фона”. Нажать клавишу Enter. Появляется окно “Измерение фона”. Повторно нажать клавишу Enter. В верхнем левом углу отображается время набора. Длительность измерения фона (7200 секунд) задается программой и при необходимости может быть дополнено повторным измерением фона.

Примечание: для визуального наблюдения за фоновым измерением установить курсор на пиктограмму устройства со значком ППД и нажать левую клавишу “мыши”. После завершения измерения высвечивается окно “Обработка фонового спектра”, в котором приведены измеренные значения фона в шести энергетических интервалах, задаваемых в файле progress.cfg.

5.12.9. Установить источник или в дистансерное устройство (если источник плоский), или на торец детектора (в случае объемного источника). Закрыть крышку защиты.

5.12.10. В зависимости от типа источника установить курсор на позицию, соответствующую геометрии измерений.

5.12.11. Нажать клавишу Enter. Появляется окно “Измерение активности”.

5.12.12. Нажать клавишу Enter или левую клавишу “мыши”. В левом углу начинается отсчет времени измерения (нарастающее и убывающее). Набор спектра проводится за время, заданное в файле конфигурации (1800 с).

5.12.13. После завершения набора установить курсор на позицию “обработка” и нажать левую клавишу “мыши”. Появляется служебное окно с запросом “Введите массу пробы, г.”

5.12.14. Ввести значение массы цифровыми клавишами клавиатуры и нажать клавишу Enter. На экране появится изображение измеренного спектра, в служебном окне в левой нижней части экрана появится служебное окно с описанием текущего этапа обработки спектра - “поиск пиков”, “идентификация радионуклидов”, “расчет активности”. По окончании обработки в правом верхнем углу экрана появится список найденных радионуклидов со значениями активности и погрешности. Программа также предоставляет оператору возможность просмотреть список найденных пиков и внести изменения как в список пиков, так и в список радионуклидов. Для переключения из режима списка нуклидов в режим списка пиков и наоборот нажмите клавишу <F8>. Для дополнения отображаемого на экране списка нажмите клавишу <INSERT>, затем введите новый элемент списка (имя радионуклида или энергию пика) и завершите ввод нажатием клавиши <ENTER>. Для удаления элемента списка, используя клавиши управления курсором, установите маркер на удаляемый элемент и нажмите <DELETE>. Подтвердите операцию удаления нажатием клавиши <ENTER>. После внесения изменений программа автоматически проведет переобработку спектра с учетом сделанных исправлений. Для выхода из программы обработки спектра нажмите <ESC>.

5.12.15. Для вывода протокола измерений нажмите <F6>. На экране появится служебное окно с протоколом, форма которого задается в файле конфигурации. В поля, выделенные цветом, введите запрашиваемую программой информацию. Для печати протокола измерений

включите принтер, заправьте бумагу, установите указатель мыши на надпись “ОК” и нажмите на левую кнопку мыши.

5.12.16. После завершения измерений выключить гамма-спектрометр. Для этого:

- плавно снять высокое напряжение;
- выключить последовательно БНВ-31, БНН-08Ф, принтер, процессор;
- убрать источник (счетный образец) с детектора.

6. РАБОТА ГАММА- И БЕТА-СПЕТРОМЕТРИЧЕСКИХ ТРАКТОВ «ПРОГРЕСС-ГАММА (БЕТА)»

Управление работой этих трактов выполняется аналогично изложенному в разделе 5. Здесь приводится схема выполнения измерений и последовательность операций.

6.1. Подготовка к работе

6.1.1. Включить компьютер, УБП-04 и принтер.

6.1.2. Прогреть установку в течение 40 мин.

6.2. Вход в рабочую программу

6.2.1. Нажать клавишу F2.

6.2.2. Отметить в меню маркером строку ПРОГРЕСС-2000.

6.2.3. Нажать клавишу ENTER.

6.3. Проведение измерений

6.3.1. Выбрать в таблице устройство для проведения измерений (бета или гамма), нажав мышью на соответствующий значок.

6.3.2. Провести калибровку по энергии:

- нажать мышью на кнопку “пуск”;
- выбрать мышью задачу “эн.калибровка” и нажать на нее еще раз;
- поместить калибровочный источник под (на) детектор;
- нажать кнопку “продолжить”;
- по истечении 150 секунд сравнить результаты калибровки (позиции пиков и контрольные скорости счета) с контрольными значениями, указанными в Свидетельстве о поверке установки: КОНТРОЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ:

БЕТА-СПЕКТРОМЕТР: энергия2503000

позиция45 ±20 %740 ±20 %

Скорость счета в диапазоне 250-500 кэВ:340 ±10 %

ГАММА-СПЕКТРОМЕТР: энергия.....662.....1461

позиция.....165 ±20 %.....365±20 %

Скорость счета в диапазоне 600-720 кэВ:360±10 %

- убрать с экрана сообщение о результатах энергетической калибровки, щелкнув левой клавишей мыши в любом месте экрана.

ВНИМАНИЕ!!! Калибровку проводить перед каждым измерением активности или фона.

6.3.3. Провести измерение активности:

- подготовить счетный образец к измерению;
- на бета-спектрометре при помощи специального устройства приготовить в кювете из материала пробы таблетку равной толщины;
- на гамма-спектрометре заполнить сосуд Маринелли или чашку Петри материалом пробы определенной отметки;

ВНИМАНИЕ!!! Проведение измерений с использованием «неаттестованной геометрии» недопустимо.

- взвесить пробу;
- нажать мышью кнопку “пуск”;
- выбрать мышью из предложенного списка задачу, соответствующую геометрии и типу измерения;
- установить кювету с счетным образцом на (под) детектор;
- нажать мышью кнопку “продолжить”;
- по истечении 30 мин. (1800 с) программа предложит ввести массу пробы;
- напечатать массу пробы при помощи клавиатуры и нажать клавишу ENTER;
- нажать мышью кнопку “сохранить результат”.

6.3.4. Измерение фона необходимо проводить один раз в день. Его продолжительность - 1800 с. Проводится фоновое измерение в любое время в течение дня. Проведение его перед измерениями активности проб в начале рабочего дня необязательно.

Для проведения измерения фона необходимо:

- нажать кнопку “пуск”;
- выбрать задачу “контроль фона”;
- убрать калибровочный источник с детектора, а на бета-спектрометре - установить чистую кювету под детектор;
- нажать кнопку “продолжить”;
- по окончании измерения (через 1800 с) щелкнуть мышью в любом месте экрана, если фоновый спектр записан. Если нет, то программа предлагает либо оставить старый фон, либо переписать на его место новый, т.к. их отличие превышает значение погрешности и усреднять их как обычно не имеет смысла.

Примечание. В процессе измерения на любом из измерительных трактов существует возможность параллельной работы с другими трактами, входящими в состав Комплекса «ПРОГРЕСС», а также выхода из оболочки «ПРОГРЕСС-2000» и работы с другими программами (исключая WINDOWS) без прерывания процесса набора спектра.

6.4. Просмотр и оформление результатов

6.4.1. Нажать кнопку “результат”.

6.4.2. Просмотреть полученные результаты, используя клавиши “стрелка вниз” и “стрелка вверх”. Для выхода из протокола без вывода результатов на печать нажмите клавишу «Esc».

6.4.3. Перейти в русский шрифт, нажав левую клавишу Ctrl.

6.4.4. Заполнить протокол, нажимая на клавишу ENTER в конце каждой строки.

6.4.5. Выбрать мышью устройства для вывода результата, отметив их крестиком.

6.4.6. Вывод осуществляется после нажатия мышью кнопки “OK”.

7. РАБОТА АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ТРАКТА «ПРОГРЕСС-АЛЬФА»

7.1. Управление работой тракта выполняется аналогично изложенному в разделе 6 (либо Приложение 1); программное обеспечение изложено в разделе 8 и приложении 5. Выполнение процедур при эксплуатации тракта имеет следующие особенности.

7.2. Функциональное назначение

Альфа-спектрометр с вакуумной системой предназначен для проведения измерений активности и идентификации альфа-излучающих нуклидов в спектрометрических источниках и счетных образцах, полученных в результате радиохимической обработки проб различных материалов, а также воздушных фильтрах.

7.3. Состав технических устройств тракта

Альфа-спектрометр состоит из камеры с детектором, вакуумного насоса с электронной системой управления откачкой и напуском, блока питания, предусилителя, усилителя и амплитудного анализатора. Амплитудный анализатор импульсов (не входит в конструктив основного блока спектрометра) - встраиваемая в компьютер плата АЦП, работающая с программой визуализации и обработки спектров. Схема вакуумной системы представлена на рисунке; форвакуумный насос способен создавать в рабочей камере давление до 0,01 мм. рт. ст.; камера с детектором позволяет проводить измерения спектрометрических источников диаметром до 40 мм в вакууме. Камера рассчитана на работу с поверхностно-барьерными детекторами с рабочей площадью 100-1000 мм² и с ионно-имплантированными кремниевыми

детекторами. Напряжение смещения детекторов от 5 до 150 В. Диапазон значений активности, которые позволяет измерить детектор, от 0.1 до 10000 Бк. Камера снабжена дистансерным устройством, которое позволяет менять расстояние между источником и детектором в пределах 2-60 мм. Собственный фон детектора не превышает 100 имп/сутки.

7.4. Порядок работы

Работа с альфа-спектрометром начинается с проверки работоспособности и калибровки с помощью образцового источника из комплекта ОСАИ. Для этого в камеру на площадку дистансерного устройства нужно поместить образцовый источник, закрыть камеру заслонкой и слегка поджать ее винтом. Затем включить питание усилителя и предусилителя общим выключателем на передней панели блока. После прогрева аппаратуры в течение получаса включить насос вакуумной системы. Откачка длится до 3 мин, после достижения установленного разрежения сработает клапан отсечки камеры и насос автоматически отключится. Спектрометр готов к работе. Проведя калибровку спектрометра, нужно восстановить давление в камере до атмосферного. Для этого необходимо перевести переключатель вакуумного насоса в положение "напуск" и затем в нейтральное положение. После этого можно открыть камеру и заменить источник. Для проведения следующего измерения операцию откачки повторить в том же порядке.

Внимание! Не следует пытаться открывать камеру под вакуумом. Это может вывести спектрометр из строя.

Если калибровка не планируется, можно сразу поместить в камеру пробу.

Внимание! Не начинайте измерение при работающем насосе - его шум и вибрации сильно ухудшают характеристики спектрометра.

7.5. Дезактивация камеры

Если в процессе работы на спектрометре появился заметный фон, камеру надо дезактивировать. Для этого надо снять верхнюю крышку и дистансерное устройство и протереть камеру и все детали спиртом или специальным дезактивирующим раствором. Дезактивация детектора не производится. В случае загрязнения детектора его необходимо заменить. Если используется детектор с алюминиевым напылением, можно производить дезактивацию с помощью мыльного раствора, осторожно поливая рабочую поверхность. С целью предотвращения загрязнения детектора не располагайте источники, активность которых превышает 100 Бк, ближе 10 мм от поверхности детектора.

8. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ПРОГРЕСС-2000»

8.1. Описание программного обеспечения Комплекса «ПРОГРЕСС», управляющего всеми режимами его работы по измерению активности нуклидов, изложено в виде отдельной брошюры с названием «ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ПРОГРЕСС-2000».

9. МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ

9.1 Поверка Комплекса «ПРОГРЕСС» осуществляется для каждого измерительного тракта отдельно по методикам:

1. МИ 1798-87. Методические указания. ГСИ. Альфа-спектрометры с полупроводниковыми детекторами. Методика поверки.
2. МИ 1916-88. Методические указания. ГСИ. Гамма-спектрометры с полупроводниковыми детекторами. Методика поверки.
3. Комплекс для измерения активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов спектрометрическим методом «ПРОГРЕСС». Методика поверки сцинтилляционных трактов регистрации гамма-излучения. (ГП ВНИИФТРИ, 1996 г.).
4. Комплекс для измерения активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов спектрометрическим методом «ПРОГРЕСС». Методика поверки сцинтилляционного тракта регистрации бета-излучения. (ГП ВНИИФТРИ, 1996 г.).
5. Комплекс для измерения активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов спектрометрическим методом «ПРОГРЕСС». Методика поверки радиометрического тракта регистрации альфа-излучения. (ГП ВНИИФТРИ, 1997).

Основное поверочное оборудование:

1. Специальные объемные меры активности ОИСН с радионуклидами Cs-137, Ra-226, Th-232, K-40, Sr(Y)-90 с соответствующими значениями плотности и размеров по списку решаемых измерительных задач.
2. Наборы образцовых спектрометрических «точечных» источников типов ОСГИ, СОСГИ-М, ОСАИ, ОСИКЭ.
3. Контрольные (калибровочные) источники из урана природного, Pu-238, Po-210, Sr(Y)-90, Cs-137, NA-22, K-40, входящие в состав Комплекса «ПРОГРЕСС».

Межповерочный интервал - 1 год.

10. УКАЗАНИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВАНИЮ, ХРАНЕНИЮ И РАЗМЕЩЕНИЮ

10.1. Комплекс «ПРОГРЕСС» в упаковке предприятия-изготовителя может транспортироваться всеми видами транспорта на любые расстояния при температуре от -30 до +50 °С с соблюдением следующих условий:

- перевозка по железной дороге должна производиться в крытых чистых вагонах;
- при перевозке открытым автотранспортом ящики должны быть накрыты водонепроницаемым материалом;
- при перевозке воздушным транспортом ящики должны быть размещены в герметичном отапливаемом отсеке;
- при перевозке водным и морским транспортом ящики должны быть размещены в трюме.

10.2. До введения в эксплуатацию узлы и блоки Комплекса «ПРОГРЕСС» следует хранить в помещениях в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25°С.

10.3. Хранить Комплекс «ПРОГРЕСС» без упаковки следует в помещениях при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

10.4. Содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, в помещениях, где хранятся узлы и блоки Комплекса, не должно превышать содержания коррозионно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150.

10.5. Комплекс «ПРОГРЕСС» должен размещаться в лабораторных помещениях с температурой воздуха в диапазоне от +10 до +35 °С, в которых поддерживаются нормальные условия эксплуатации (ГОСТ 27451-87).

10.6. Комплекс «ПРОГРЕСС» должен эксплуатироваться в помещениях, исключающих возможность увеличения фона гамма-излучения от естественного уровня.

10.7. Комплекс «ПРОГРЕСС» следует размещать в помещениях, исключающих наличие постоянных и (или) переменных магнитных полей напряженностью более 40 А/м.

11. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

11.1. Работы по техническому обслуживанию Комплекса «ПРОГРЕСС» проводятся лицом, обученным:

- приемам работы с радиометрической и спектрометрической аппаратурой;
- приемам работы с высоковольтными источниками питания;

- приемам работы с источниками ионизирующих излучений;
- приемам работы со сжиженными газами.

11.2. Техническое обслуживание Комплекса «ПРОГРЕСС» предусматривает:

- регулярное удаление пыли с наружных поверхностей (еженедельно);
- измерение энергетического разрешения - 1 раз в месяц (при ухудшении разрешения промыть этиловым спиртом разъемы сигнального кабеля);
- дезактивацию внешней поверхности блока детектирования (при увеличении фона).

11.3. При обслуживании Комплекса «ПРОГРЕСС» необходимо выполнять указания мер безопасности, изложенные в ОСПОРБ-99, НРБ-99 и инструкциях по безопасности, действующих на предприятиях, использующих Комплекс «ПРОГРЕСС».

11.4. Проверка технического состояния проводится регулярно (не реже 1 раза в месяц) путем проведения контрольного измерения скорости счета в регламентированном режиме для каждого тракта от контрольных радионуклидных источников, входящих в комплект поставки Комплекса «ПРОГРЕСС».

Техническое состояние установки признается удовлетворительным, если изменение значения контрольной скорости счета составляет не более 10% от значений, указанных в свидетельстве о поверке.