

**Спектрометры – радиометры
гамма-, бета- и альфа - излучения
МКГБ-01 “РАДЭК”**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
(ШФРК.412151.005 РЭ)**

2012 г.

Оглавление

1	Описание и работа	4
1.1	Назначение	4
1.2	Технические характеристики	7
1.3	Состав спектрометра	13
1.4	Устройство и работа	15
1.5	Маркировка	16
1.6	Упаковка	17
1.7	Меры безопасности	17
2	Установка и подготовка к работе	18
2.1	Общие указания	18
2.2	Установка прибора	19
2.3	Подготовка спектрометра к работе	20
2.4	Порядок работы на спектрометре	20
2.5	Контрольные измерения	24
2.6	Определение энергетического разрешения	28
2.7	Завершение работы со спектрометром	29
3	Использование по назначению	30
3.1	Работа со спектром	30
3.2	Работа с пиком	32
4	Поверка	37
4.1	Операции поверки	38
4.2	Средства поверки	39
4.3	Требования к квалификации поверителей	40
4.4	Требования безопасности при проведении поверки	40
4.5	Условия поверки	40
4.6	Подготовка к поверке	40
4.7	Проведение поверки	40
5	Хранение	51
6	Транспортирование	51
7	Утилизация	51
8	Гарантии изготовителя	52

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для описания принципа работы, устройства и конструкции спектрометра - радиометра гамма- бета- и альфа излучения МКГБ-01 «РАДЭК» (далее по тексту – спектрометр или СПР) и содержит основные технические данные и характеристики, а также другие сведения, необходимые для полного использования технических возможностей спектрометра и правильной его эксплуатации.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право в процессе изготовления вносить в конструкцию и программное обеспечение изменения, не влияющие на метрологические характеристики спектрометра.

В тексте настоящего руководства по эксплуатации (РЭ) приняты следующие обозначения и сокращения:

- БД - блок детектирования;
- ПРН - природные радионуклиды;
- ЗУ - зарядное устройство;
- ПК - персональный компьютер;
- КПК - карманный портативный компьютер;
- ФЭУ - фотоэлектронный умножитель.

1 Описание и работа

1.1 Назначение

1.1.1 Спектрометр предназначен для измерения энергетического распределения гамма- и бета излучения и активности гамма-, бета- и альфа - излучающих радионуклидов.

СПР относится к стационарным средствам измерения и предназначен для эксплуатации в лабораторных условиях. СПР применяется для измерения активности (удельной активности) природных (ПРН) ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и искусственных гамма - излучающих радионуклидов в пробах почв, горных пород, растительности, воды, продуктах питания, строительных материалах, материалах химических производств, сплавах, металлоломе и других технологических продуктах, а также альфа и бета - излучающих радионуклидов в продуктах питания, биологических пробах и других материалах.

Также, при наличии соответствующих калибровок и методик измерений, спектрометр может применяться для решения различных задач радиационного контроля, в том числе определения удельной эффективной активности природных радионуклидов в строительных материалах, сырье, изделиях, отходах промышленного производства и горных породах.

Для спектрометра имеются следующие аттестованные методики измерения:

"Методика измерений удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции предприятий с применением спектрометра - радиометра гамма и бета - излучений МКГБ-01 «РАДЭК» и гамма - спектрометра МКСП-01 «РАДЭК»."

"Методика измерений активности (удельной активности) гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением полупроводникового спектрометра энергии гамма-излучения с программным обеспечением ASW."

"Методика измерений суммарной объемной (удельной) активности альфа - излучающих и бета - излучающих радионуклидов в питьевой воде, воде водоисточника и природных водах с помощью альфа-бета радиометра."

"Методика выполнения измерений плотности потока радона-222 с различных поверхностей."

"Методика выполнения измерений объемной активности радона-222 в помещениях различного назначения."

1.1.2 Рабочие условия эксплуатации спектрометра.

Спектрометр должен применяться только в лабораторных условиях:

- температура окружающего воздуха 20 ± 5 °С;
- относительной влажности воздуха до $(70 \pm 3)\%$;
- атмосферного давления в диапазоне 101 ± 5 кПа;
- напряженность постоянных и переменных сетевых частот магнитных полей

40 А/м.

1.1.3 Спектрометр соответствует требованиям ГОСТ 27451-87, группа исполнения В1.

1.1.4 Исполнение спектрометра по степени защиты от проникновения воды, пыли и посторонних твердых частиц по ГОСТ 14254-96 (МЭК 60529) соответствует группе IP52.



Рисунок 1 Спектрометр МКГБ-01 в сборе



Рисунок 2.1 Анализатор MD-198



Рисунок 2.2 Блоки детектирования гамма - излучения (БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150)



Рисунок 2.3 Блоки детектирования бета и альфа - излучения

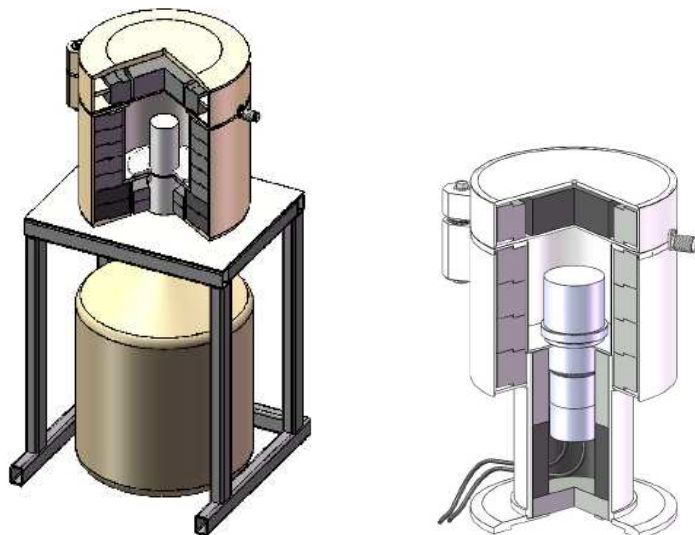


Рисунок 2.4 Вид защитной камеры для блоков детектирования гамма – излучения.



Рисунок 2.5 Вид защитной камеры для блоков детектирования альфа- (без свинцовых колец) и бета – излучения с открытым устройством позиционирования.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Спектрометр обеспечивает измерение энергетического распределения гамма-излучения в диапазоне энергий от 40 до 3000 кэВ.

1.2.2 Спектрометр обеспечивает измерение энергетического распределения бета-излучения в диапазоне энергий от 65 до 4000 кэВ.

1.2.3 Диапазон регистрируемых энергий альфа - излучающих радионуклидов от 2000 до 10000 кэВ.

1.2.4 Относительное энергетическое разрешение спектрометра со сцинтилляционными блоками детектирования гамма-излучения БДЕГ-63 и БДЕГ-80 по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ не превышает соответственно 9 и 9,5 %.

1.2.5 Относительное энергетическое разрешение спектрометра со сцинтилляционным блоком детектирования гамма-излучения БДЕГ-150 по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ не превышает 12 %.

1.2.6 Энергетическое разрешение спектрометра с полупроводниковым детектором гамма-излучения БДЕГ-К по линии гамма-излучения радионуклида ^{60}Co с энергией 1332,5 кэВ не превышает 2,5 кэВ.

1.2.7 Относительное энергетическое разрешение спектрометра с блоком детектирования бета - излучения БДЕБ-60 и БДЕБ-70 по линии конверсионных электронов радионуклида ^{137}Cs с энергией 624 кэВ не превышает 15 %.

1.2.8 Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометра с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 и БДЕГ-150 (интегральной нелинейности) в диапазоне энергий гамма-излучения от 40 до 3000 кэВ $\pm 1,0$ %.

1.2.9 Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометра с блоком детектирования БДЕГ-К (интегральной нелинейности) в диапазоне энергий гамма-излучения от 40 до 3000 кэВ $\pm 0,05$ %.

1.2.10 Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометра с блоком детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 (интегральной нелинейности) в диапазоне энергий бета-излучения от 65 до 4000 кэВ $\pm 2,0$ %.

1.2.11 Эффективность регистрации спектрометра с блоком детектирования БДЕГ-63 в пике полного поглощения гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ на расстоянии 50 мм от верхней поверхности детектора не менее 1,2 %.

1.2.12 Эффективность регистрации спектрометра с блоком детектирования БДЕГ-80 в пике полного поглощения гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ на расстоянии 50 мм от верхней поверхности детектора не менее 2 %.

1.2.13 Эффективность регистрации спектрометра с блоком детектирования БДЕГ-150 в пике полного поглощения гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ на расстоянии 50 мм от верхней поверхности детектора не менее 7,5 %.

1.2.14 Эффективность регистрации спектрометра с блоком детектирования БДЕГ-К (с относительной эффективностью 10% по сравнению со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) размерами $\varnothing 3 \times 3$ "") по площади фотопика с энергией 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs на расстоянии 50 мм от верхней крышки криостата детектора не менее 0,4 %.

1.2.15 Чувствительность регистрации спектрометра с блоком детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 по бета-излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y в источнике типа ЗСО,

расположенного на расстоянии 3 мм от торцевой поверхности детектора, в рабочем диапазоне энергий 550-2300 кэВ не менее 0,15 имп/с·Бк.

1.2.16 Чувствительность СПР к альфа - излучению радионуклида ^{239}Pu для источника типа ЗП9 на расстоянии 3 мм от торцевой поверхности блока детектирования БДА-60 и БДА-70 не менее 0,3 имп/с·Бк.

1.2.17 Чувствительность СПР к бета - излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y для источника типа ЗС0 на расстоянии 3 мм от торцевой поверхности блока детектирования БДБ-60 и БДБ-70 не менее 0,24 имп/с·Бк.

1.2.18 Максимальная входная статистическая загрузка СПР с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150 не менее $5 \cdot 10^4$ имп/с.

1.2.19 Максимальная входная статистическая загрузка СПР с блоком детектирования БДЕГ-К не менее $5 \cdot 10^4$ имп/с.

1.2.20 Максимальная входная статистическая загрузка СПР с блоком детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 не менее $5 \cdot 10^4$ имп/с.

1.2.21 Максимальная входная статистическая загрузка СПР с блоком детектирования БДА-60, БДА-70, а также с блоком БДБ-60 и БДБ-70 не менее $5 \cdot 10^4$ имп/с.

1.2.22 Диапазон измерения активности ^{137}Cs с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 и БДЕГ-150 составляет 5 - $8 \cdot 10^5$ Бк, 3 - $5 \cdot 10^5$ Бк и 2 - $3 \cdot 10^5$ Бк соответственно. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности $\pm 30\%$. Диапазон измерения может быть расширен при условии концентрирования или разубоживания пробы.

1.2.23 Диапазон измерения активности ^{137}Cs с блоком детектирования БДЕГ-К составляет 2 - $1,5 \cdot 10^6$ Бк. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности $\pm 20\%$. Диапазон измерения может быть расширен при условии концентрирования или разубоживания пробы.

1.2.24 Диапазон измерения активности ^{90}Sr с блоком детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 составляет 2 - $1,2 \cdot 10^6$ Бк. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности $\pm 30\%$. Диапазон измерения может быть расширен при условии концентрирования или разубоживания пробы.

1.2.25 Диапазон измерения активности ^{90}Sr - ^{90}Y в источнике ЗС0 с блоком детектирования БДБ-60 и БДБ-70 составляет 1 - $1,5 \cdot 10^5$ Бк, при этом предел допускаемой основной относительной погрешности определения активности $\pm 10\%$.

1.2.26 Диапазон измерения активности ^{239}Pu в источнике ЗП9 с блоком детектирования БДА-60 и БДА-70 составляет 0,05 - $1,5 \cdot 10^5$, при этом предел допускаемой основной относительной погрешности определения активности $\pm 10\%$.

1.2.27 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{137}Cs с блоком детектирования БДЕГ-63 при значении мощности амбиентной дозы, на поверхности защиты не более 0,2 мкЗв/ч и времени измерения 1 ч не превышает 3 Бк.

1.2.28 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{137}Cs с блоком детектирования БДЕГ-80 при значении мощности амбиентной дозы, на поверхности защиты не более 0,2 мкЗв/ч и времени измерения 1 ч не превышает 2 Бк.

1.2.29 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{137}Cs с блоком детектирования БДЕГ-150 при значении мощности амбиентной дозы, на поверхности защиты не более 0,2 мкЗв/ч и времени измерения 1 ч не превышает 2 Бк.

1.2.30 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{137}Cs с блоком детектирования БДЕГ-К (с относительной эффективностью 10% по сравнению со

сцинтилляционным детектором NaI(Tl) размерами $\varnothing 3 \times 3$ ") при значении мощности амбиентной дозы, на поверхности защиты не более 0,2 мкЗв/ч и времени измерения 1 ч не превышает 1 Бк.

1.2.31 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{90}Sr с блоком детектирования БДЕБ-60 (БДЕБ-70) при значении мощности амбиентной дозы, на поверхности защиты не более 0,2 мкЗв/ч и времени измерения 3 ч не превышает 1 Бк.

1.2.32 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{239}Pu в источнике типа ЗП9 с блоком детектирования БДА-60 и БДА-70 при времени измерения 3 ч не превышает 0,01Бк.

1.2.33 Минимально измеряемая активность радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y в источнике типа ЗСО с блоком детектирования БДБ-60 и БДБ-70 при времени измерения 3 ч не превышает 0,2 Бк.

1.2.34 Фон альфа – излучения с блоком детектирования БДА-60 и БДА-70 в рабочих условиях эксплуатации не превышает 0,01 имп/с.

1.2.35 Фон бета – излучения с блоком детектирования БДБ-60 и БДБ-70 в рабочих условиях эксплуатации не превышает 1 имп/с.

1.2.36 Время установления рабочего режима СПР 30 мин.

1.2.37 Время непрерывной работы СПР за вычетом времени установления рабочего режима 24 ч.

1.2.38 Нестабильность показаний СПР с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 и БДЕГ-150 за 24 ч непрерывной работы для градуировочной характеристики преобразования не более $\pm 1,0$ % и не более $\pm 2,0$ % при измерении активности.

1.2.39 Нестабильность показаний СПР с блоком детектирования БДЕГ-К за 24 ч непрерывной работы для градуировочной характеристики преобразования не более $\pm 0,1$ % и не более $\pm 1,5$ % при измерении активности.

1.2.40 Нестабильность показаний СПР с блоком детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 за 24 ч непрерывной работы для градуировочной характеристики преобразования не более $\pm 1,0$ % и не более $\pm 2,0$ % при измерении активности.

1.2.41 Нестабильность показаний СПР с блоками детектирования БДА-60, БДА-70, БДБ-60 и БДБ-70 за 24 ч непрерывной работы не более ± 2 % при измерении активности.

1.2.42 Чувствительность спектрометра с блоками детектирования бета-излучения БДБ-60 и БДБ-70 к бета - излучению радионуклидов в источниках типа ОРИБИ с максимальными энергиями бета-частиц в диапазоне от 150 до 3600 кэВ по отношению к чувствительности к бета - излучению радионуклида $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (относительная чувствительность) соответствует данным таблицы 1.2.42:

Таблица 1.2.42

Радионуклид	Максимальная энергия бета-частиц, кэВ	Относительная чувствительность, не менее
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	2284	1,0
^{204}Tl	763	1,0
^{14}C	156	0,01
^{60}Co	318	0,34
^{137}Cs	624	0,64
$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	3540	1,2

1.2.43 Масса составных частей спектрометра не превышает значений, указанных в таблице 1.2.43.

Таблица 1.2.43

№ п./п.	Наименование составной части СПР	Диаметр, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Масса, кг
1	Блок детектирования БДЕГ-63	90	250	-	-	2,4
2	Блок детектирования БДЕГ- 80	105	275	-	-	3,5
3	Блок детектирования БДЕГ-150	195	340	-	-	9,9
4	Блок детектирования БДЕГ-К с сосудом Дьюара, полностью заполненным жидким азотом	500	900	-	-	45
5	Блок детектирования БДЕБ-60 (БДЕБ-70), БДБ-60 (БДБ-70)	90	210	-	-	1,8
6	Блок детектирования БДА-60 (БДА-70)	90	210	-	-	1,5
7	Аналого-цифровой преобразователь МД-198	-	55	155	200	0,46
8	Сетевой адаптер АЦП	-	35	65	130	0.4
9	Спектрометрическое устройство СПУ-01М	-	145	270	255	8
10	Низкофоновая камера пассивной защиты блоков БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150	318	580	425	-	240
11	Низкофоновая камера пассивной защиты блока БДЕГ-К	415	1135	580	540	450
12	Низкофоновая камера пассивной защиты блока БДЕБ-60, БДЕБ-70, БДБ-60, БДБ-70	210	390	430	-	80
13	Низкофоновая камера пассивной защиты блоков детектирования БДА-60, БДА-70	210	390	430	-	15

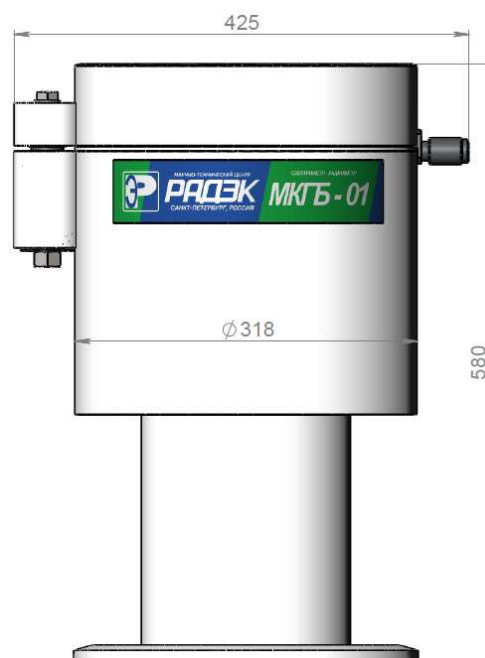
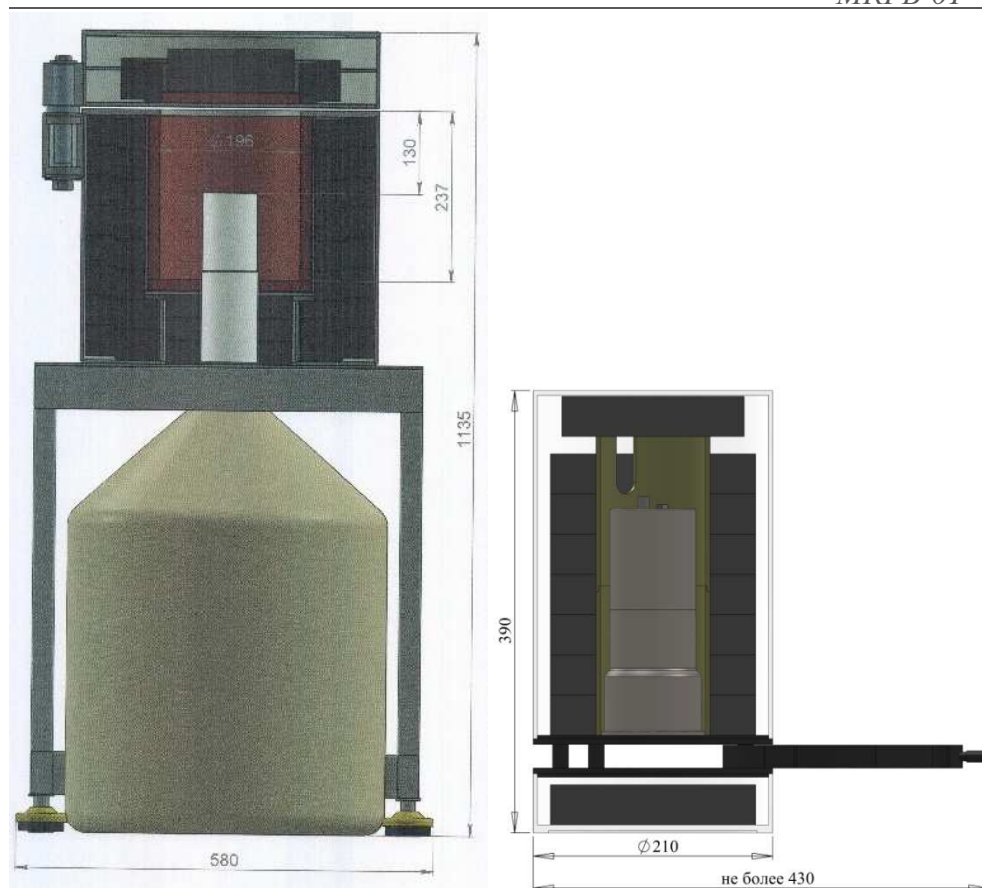


Рисунок 3.1 Габаритные размеры

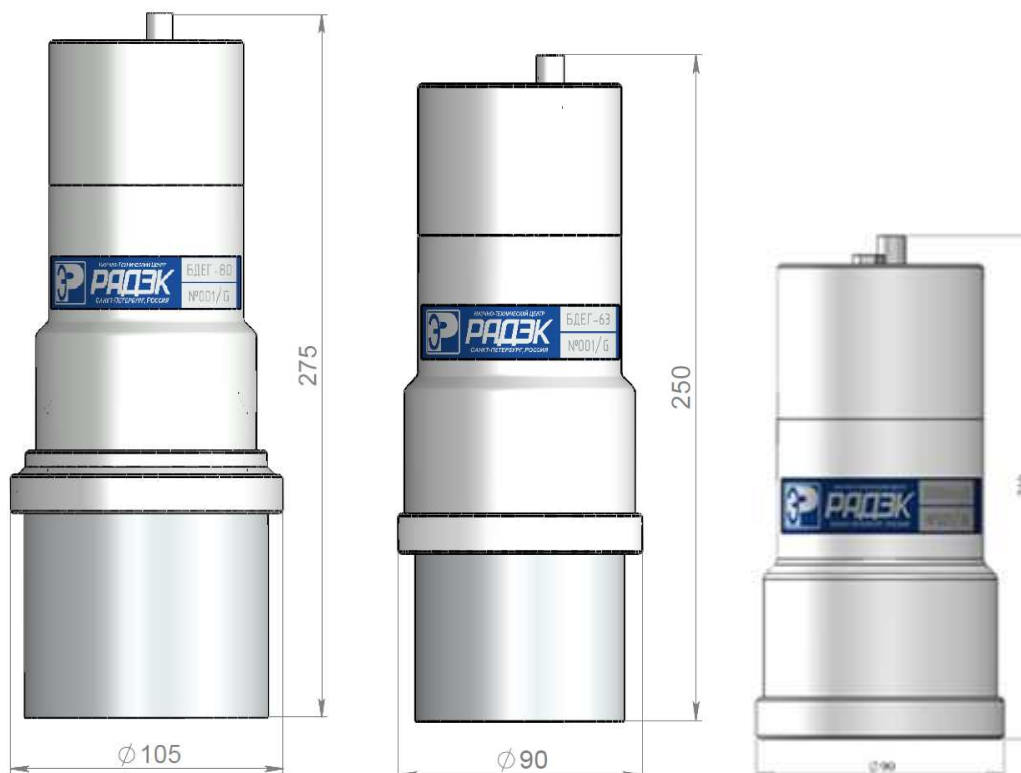


Рисунок 3.2 Габаритные размеры

1.2.44 Питание СПР производится от сети переменного тока с напряжением 220В (предельно допустимое отклонение +10 %- минус 15 %) и частотой 50 Гц (предельно допустимое отклонение ± 5 %). Мощность, потребляемая СПР не более 200 ВА.

1.2.45 Все части СПР изготовлены из коррозионно-стойких материалов или защищены коррозионно-стойкими покрытиями в соответствии с ГОСТ 9.301-86 и чертежами предприятия-изготовителя. Наружные поверхности СПР и его составных частей не должны иметь дефектов, ухудшающих внешний вид оборудования и его эксплуатационные свойства, и соответствуют ГОСТ 9.032-74.

1.2.46 Габаритные размеры спектрометра см. табл.1.2.43 и рис.3.1 и 3.2.

1.2.47 СПР устойчив к воздействию температуры в диапазоне от плюс 10° до плюс 35°С. Группа исполнения – В1 по ГОСТ 27451-87.

1.2.48 Блоки детектирования СПР в транспортной таре прочны к воздействию механических ударов с ударным ускорением 20 м/с², длительностью действия ударного импульса 15 мс и частотой следования 100 ударов в минуту.

1.2.49 Блоки детектирования СПР в транспортной таре прочны к воздействию температуры в диапазоне от минус 10°С до плюс 50°С (а также ее быстрому изменению) и относительной влажности окружающего воздуха 98% при температуре плюс 35°С.

1.2.50 СПР устойчив к воздействию постоянного магнитного поля напряженностью до 40 А/м.

1.2.51 СПР устойчив к изменению напряжения питания в пределах рабочих условий применения.

1.2.52 Средняя наработка на отказ 10000 ч.

1.2.53 Среднее время восстановления 12 ч.

1.2.54 Средний срок службы до первого капитального ремонта 6 лет.

1.3 Состав спектрометра

1.3.1 Спектрометр представляет собой лабораторный, выполненный в блочном исполнении прибор, состоящий из (см рис.1 и 2, табл.1.3.2) :

- аналого-цифрового преобразователя (анализатора);
- компьютера;
- блоков детектирования гамма – излучения БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕГ-К);
- спектрометрических блоков детектирования бета – излучения БДЕБ-60 (БДЕБ-70);
- радиометрических блоков детектирования бета – излучения БДБ-60 (БДБ-70);
- радиометрических блоков детектирования альфа – излучения БДА-60 (БДА-70);
- сетевого адаптера анализатора;
- низкофоновых камер пассивной защиты от внешнего гамма, бета и альфа – излучения (рис.2.4 и 2.5);

1.3.2 Состав комплекта поставки спектрометра указан в таблице 1.3.2.

Таблица 1.3.2

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Блок детектирования сцинтилляционный БДЕГ-63	ШФРК.418271.001	1	1, 2
Блок детектирования сцинтилляционный БДЕГ-80	ШФРК.418271.002		
Блок детектирования сцинтилляционный БДЕГ-150	ШФРК.418271.004		
Блок детектирования сцинтилляционный БДЕБ-60	ШФРК.418271.005	1	1, 2
Блок детектирования сцинтилляционный БДЕБ-70	ШФРК.418271.006		1, 2
Блок детектирования сцинтилляционный БДБ-60	ШФРК.418271.007		1, 2
Блок детектирования сцинтилляционный БДБ-70	ШФРК.418271.008		1, 2
Блок детектирования сцинтилляционный БДА-60	ШФРК.418271.009	1	1, 2
Блок детектирования сцинтилляционный БДА-70	ШФРК.418271.010		1, 2
Блок детектирования полупроводниковый БДЕГ-К с системой охлаждения (сосуд Дьюара или электроохладитель)		1	1, 3
Спектрометрическое устройство СПУ-01М	ШФРК.412151.004	1	4,5
Аналого-цифровой преобразователь МД-198	ШФРК.411619.001	1	1
Сетевой адаптер АЦП		1	1,2,10
Персональный компьютер		1	6
Низкофононая камера пассивной защиты блоков детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150	ШФРК.418244.002	1	8
Низкофононая камера пассивной защиты блока детектирования БДЕГ-К	ШФРК.418241.001	1	8
Низкофононая камера пассивной защиты блока детектирования БДЕБ-60 (БДЕБ-70, БДБ-60, БДБ-70)	ШФРК.418244.004	1	8

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Низкофоновая камера пассивной защиты блоков детектирования БДА-60 (БДА-70)	ШФРК.418244.003	1	8
Расходные материалы: Сосуды Маринелли объемом 1 л Цилиндрические сосуды объемом 250 мл Цилиндрические кюветы объемом 38 мл Измерительные чашки алюминиевые		5 5 5 10	9
Диск с программным обеспечением ASW		1	
Контрольные радионуклидные источники активностью :1 - 3 кБк ^{137}Cs , ^{232}Th (<1кБк), ^{90}Sr - ^{90}Y		1 1 1	7
Руководство по эксплуатации "Спектрометры – радиометры гамма-, бета- и альфа - излучения МКГБ-01 "РАДЭК"	ШФРК. 412151.005.РЭ	1	11

Примечания :

1 Модели и количество блоков детектирования, а также количество анализаторов согласовывается с Заказчиком при заказе спектрометра.

2 По согласованию с Заказчиком в составе спектрометра могут поставляться сцинтилляционные блоки детектирования БДЕГ с диаметром сцинтиллятора от 40 до 200 мм.

3 По согласованию с Заказчиком в составе спектрометра в качестве детектора полупроводникового блока детектирования БДЕГ-К могут поставляться серийно выпускаемые германий-литиевые детекторы типа ДГДК или ОЧГ детекторы фирм CANBERRA и ORTEC соответствующего типа, обеспечивающего технические характеристики не хуже приведенных в п.1.2.

4 СПУ-01М поставляется только при наличии в комплекте СПР полупроводникового блока детектирования БДЕГ-К.

5 По согласованию с Заказчиком возможна замена на другое устройство, включающее спектрометрический усилитель и высоковольтный блок питания.

6 Конкретная модель и комплектация компьютера согласуется с Заказчиком при заказе СПР.

7 Контрольные источники выполнены в соответствии с ТУ 7018-001-23102128-09. В соответствии с приложением П-4 НРБ-99/2009 активность радионуклидных источников менее минимально допустимой активности не требует регламентации.

8 Поставка защиты согласуется с заказчиком.

9 Количество расходных материалов согласуется с Заказчиком при заказе СПР.

10 Тип сетевого адаптера P40A-3P2J или аналог. Выходное напряжение 12-17В. Максимальный ток 5А.

11 Поверка – см. п.4 настоящего Руководства.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Для измерения гамма - спектров служит сцинтилляционный блок детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 или БДЕГ-150 на основе монокристалла NaI(Tl) размерами Ø63x63мм, Ø80x80мм или Ø150x100 соответственно, сочлененного с фотоумножителем (ФЭУ).

В качестве детектора в блоке БДЕГ-К используется серийный германиевый дрейфовый полупроводниковый детектор (ППД). Работу блока детектирования обеспечивает спектрометрическое устройство СПУ-01М, которое содержит низковольтный блок питания, генератор высокого напряжения и спектрометрический блок.

В качестве детектора в блоке детектирования БДЕБ-60 или БДЕБ-70 используется сцинтиллятор из полистирола диаметром 60 или 70мм соответственно и толщиной 10 мм.

В качестве детектора в блоке детектирования БДБ-60 или БДБ-70 используется сцинтиллятор из полистирола диаметром 60 или 70мм соответственно и толщиной 1 мм.

В качестве детектора в блоке детектирования БДА-60 или БДА-70 используется сцинтиллятор из ZnS(Ag) диаметром 60 мм и 70мм.

1.4.2 Анализатор импульсов MD-198 (или MD-208) состоит из согласующего усилителя, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). АЦП предназначен для измерения амплитуд импульсных сигналов от детектора излучения, регистрации полученного цифрового кода в буферной памяти и передачи в компьютер информации через интерфейс USB или порт беспроводной связи.

1.4.3 Спектрометр управляется с помощью программного обеспечения "ASW".

1.4.4 Технические данные анализатора импульсов MD-198:

- количество трактов - 2;
- диапазон амплитуд измеряемых входных сигналов 0-5В;
- количество каналов спектра – 1024,2048,4096,8192;
- минимальное время обработки одного измерения - 3 мкс;
- канал связи с ПК – USB (BlueTooth);
- емкость канала - 2^{32} отсчетов.

1.5 Маркировка

1.5.1 Маркировка спектрометра соответствует ГОСТ 26828-86 и требованиям конструкторской документации и содержит следующие сведения:

- товарный знак предприятия изготовителя;
- наименование изделия;
- порядковый (заводской) номер;
- знак утверждения типа средства измерения.

1.5.2 Маркировка транспортной упаковки должна быть выполнена по ГОСТ 14192-96 в виде бумажных этикеток, содержащих манипуляционные знаки, основные, дополнительные и информационные надписи. Надписи на этикетках выполнены типографским способом. Манипуляционные знаки по ГОСТ 14192-96, наносимые на этикетки транспортных упаковок: **“ХРУПКОЕ. ОСТОРОЖНО”**, **“ВЕРХ”**, **“БЕРЕЧЬ ОТ ВЛАГИ”**.

1.5.3 Место, шрифт и способ нанесения маркировки указаны в комплекте чертежей ШФРК.412151.005.



Рис. 4 Пример маркировки блоков детектирования

1.6 Упаковка

1.6.1 Спектрометр должен упаковываться в закрытых помещениях при температуре от 10°C до 40°C и относительной влажности окружающего воздуха до 80% при отсутствии в окружающей среде агрессивных примесей.

1.6.2 Транспортная тара спектрометра соответствует ГОСТ 23088-80Е.

1.6.3 Блоки детектирования и блок питания (зарядное устройство) следует герметично упаковывать в полиэтиленовый или иной влагонепроницаемый чехол.

1.6.4 Консервация спектрометра должна проводиться в соответствии с ГОСТ 9.014-78 для условий хранения I по ГОСТ 15150-69. Срок защиты 1 год. Хранение спектрометра по ГОСТ 15150-69.

1.6.5 В каждый транспортный ящик должен быть вложен упаковочный лист с указанием наименования и количества упакованных изделий.

1.6.6 Техническая и товаросопроводительная документации должны быть уложены в полиэтиленовый чехол.

1.7 Меры безопасности

1.7.1 Эксплуатация СПР должна проводиться лицами, ознакомленными с настоящим руководством по эксплуатации и прошедшими инструктаж по технике безопасности.

1.7.2 Запрещается включать СПР при открытом корпусе детекторов или анализатора в связи с наличием высокого (до 1500 В) напряжения в цепях питания блоков детектирования.

1.7.3 В целях исключения попадания опасного напряжения на корпуса блоков питания и детектирования в конструкции СПР предусмотрено следующее:

1.7.3.1 Конструкция СПР выполнена в соответствии с правилами устройства электроустановок с напряжением свыше 1000 В.

1.7.3.2 Конструкция исключает наличие на внешних поверхностях, доступных для касания, напряжения, превышающего 12 В постоянного тока относительно зажима защитного заземления.

1.7.3.3 Сопротивление между клеммой заземления и любой доступной для прикосновения металлической частью СПР не превышает 0,1 Ом.

1.7.3.4 Сопротивление изоляции первичных электрических цепей составляет не менее:

- 20 МОм при нормальных условиях;
- 2 МОм при верхнем рабочем значении влажности;
- 5 МОм при верхнем рабочем значении температуры.

1.7.3.5 При работе с радиоактивными источниками должны соблюдаться требования радиационной безопасности, изложенные в правилах и нормах:

- ОСПОРБ-99/2010 “Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности”;
- НРБ-99/2009 “Нормы радиационной безопасности”.

2 Установка и подготовка к работе

2.1 Общие указания

2.1.1 Спектрометр может применяться только в лабораторных условиях.

2.1.2 Метод измерения в лабораторных условиях предполагает, что из отобранной пробы изготавливают счетный образец (технологические операции изготовления счетного образца представлены в методике измерения (МИ)). При этом технологические операции изготовления счетного образца из пробы должны обеспечить идентичность радионуклидного состава и равенство значений удельной активности радионуклидов для счетного образца и пробы, из которой он был изготовлен. Счетный образец помещают в защитную камеру к соответствующему детектору излучения и измеряют определенное время.

2.1.3 Измерение удельной активности радионуклидов в счетных образцах фиксированной массы проводят методом непосредственной оценки с использованием спектрометра, который предварительно калибруется с использованием эталонных средств измерения – образцовых мер удельной активности.

2.1.4 Калибровка СПР выполняется на этапе изготовления или при вводе в эксплуатацию.

2.1.4 Метод измерения суммарной активности альфа- и бета - излучающих радионуклидов основан на измерении количества зарегистрированных актов альфа- и бета-распада радионуклидов в счетном образце и вычислении активности радионуклида с помощью значения чувствительности радиометрического детектора к альфа-бета-излучению (БДА-60, БДА-70, БДБ-60, БДБ-70) для конкретной геометрии. Регистрация актов распада осуществляется посредством регистрации импульса, формируемого в блоке детектирования при взаимодействии заряженной частицы с детектором.

Для радиометрических блоков детектирования БДА-60, БДА-70, БДБ-60 и БДБ-70 спектрометрическая информация не может быть использована для идентификации радионуклидов из-за недостаточного энергетического разрешения, а также неполного поглощения энергии ионизирующей частицы в детекторе.

2.1.5 Значения активности, удельной активности радионуклидов и случайной погрешности результата измерения рассчитываются автоматически, без участия оператора, по алгоритму программы “ASW” на основе измеренных спектров счетного образца и коэффициентов чувствительности, полученных при калибровке спектрометра. Обработку спектров программа “ASW” выполняет по алгоритму, основанному на методе "окон". Активность, удельную активность радионуклидов в счетном образце и значения основной относительной погрешности измерения определяют непосредственно по отсчетному устройству, в качестве которого используют дисплей ПК.

2.2 Установка прибора

2.2.1 СПР размещают в помещении с нормальными климатическими условиями (см. п.1.1.2).

2.2.2 СПР устанавливают на рабочем месте таким образом, чтобы был обеспечен свободный доступ к ПК, анализаторам и защитным камерам.

2.2.3 Окружающие предметы и стены в месте расположения защитных камер не должны препятствовать открытию крышек камеры и выдвигающихся дисков сменщиков при установке в них счетных образцов.

2.2.4 Мощности экспозиционной дозы, на месте установки защиты СПР не должна превышать 20 мкР/ч.

Внимание: *запрещается устанавливать блоки комплекса вблизи сильноточной и нагревательной аппаратуры (мощные силовые трансформаторы, электродвигатели, электромагниты, муфельные печи, электроплитки, радиаторы электрического и водяного отопления).*

2.2.5 В процессе эксплуатации спектрометра **не рекомендуется** изменять пространственное положение (ориентировку вдоль оси) сцинтилляционных блоков детектирования во избежание изменения электронной фокусировки ФЭУ магнитным полем Земли. После извлечения блока детектирования из защиты, например, для проведения дезактивации необходимо установить его в первоначальное положение и провести настройку в соответствии с п. 2.5.

2.2.6 Порядок установки комплекса:

- собрать защитные камеры и устройства смены счетных образцов в соответствии со схемами сборки;
- установить в них блоки детектирования;
- соединить приданными кабелями блоки детектирования с анализатором в соответствии со схемой подключения изображенной на рис.4.1 (схема подключения БДЕГ-К приводится в паспорте на блок детектирования). Если анализатор встроен в корпус блока детектирования эта операция не производится;
- подключить сетевой адаптер к анализатору и закрутить накидную гайку. Если анализатор встроен в корпус блока детектирования сетевой адаптер подключается непосредственно к блоку детектирования;
- собрать ПК и соединить его составные части друг с другом;
- соединить USB кабелем анализатор и ПК;
- подключить вилки сетевого питания компьютера и СПР к заземленным розеткам.

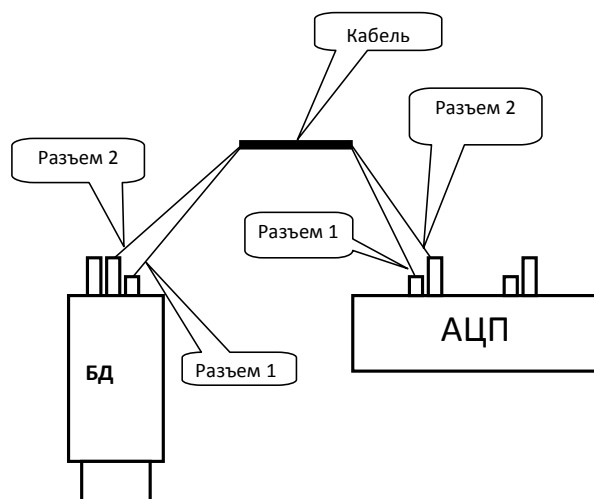



Рис.4.1 Схема подключения блоков детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕБ-60, БДЕБ-70, БДБ-60, БДБ-70, БДА-60, БДА-70 к анализатору 19


2.3 Подготовка спектрометра к работе

2.3.1 Перед началом работы произвести внешний осмотр прибора и проверить надежность подключения соединительных кабелей к узлам и блокам.

2.3.2 Включить ПК. После загрузки ПК запустить программу "ASW" (См. описание программы "ASW").

2.3.3 Включить спектрометр, нажав кнопку на передней панели анализатора (Рис.2.1).

2.3.4 Установить связь между ПК и спектрометром. В данном спектрометре используется анализатор MD-198, поэтому при установлении связи ПК с радиометром необходимо в поле "Тип анализатора" выбрать "MD198", после этого нажать кнопку , располагающуюся рядом со словом "Статус: Выключено" (вкладка "Устройство" в "Менеджере измерений") и дождаться изменения в поле "Статус". Если в поле "Статус" показана надпись "Включено", то соединение со спектрометром уже установлено.

2.3.5 Спектрометр готов к работе через 30 минут после включения высокого напряжения (ВН) на высоковольтном блоке детектора. Для включения ВН необходимо для соответствующего канала произвести старт измерения или нажать кнопку  в поле "Статус ВН" на вкладке "Устройство".

2.4 Порядок работы на спектрометре

2.4.1 Подготовить спектрометр к работе в соответствии с разделом 2.3.

2.4.2 Провести настройку спектрометра в соответствии с п.2.5 настоящего руководства.

2.4.3 Установить счетный образец в защитную камеру:

- на детектор (для БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150 или БДЕГ-150);
- под детектор на устройство позиционирования (для БДЕБ-60 или БДЕБ-70);
- под детектор на устройство позиционирования на подставке (для БДБ-60, БДБ-70, БДА-60 или БДА-70).

2.4.4 В программе "ASW" необходимо установить значение экспозиции на вкладке «Устройство» в поле "Экспозиция" и заполнить, при необходимости, данные об измеряемом спектре на вкладке "Об измеряемом спектре".

2.4.5 Проверить, указан ли в поле "Спектр фона" на вкладке "Устройство" "Менеджера измерений" текущий фоновый спектр. При отсутствии последнего, расчет активности провести будет нельзя. Также необходимо загрузить в поле "Файл калибровок" соответствующий файл, содержащий калибровочные коэффициенты. Если спектрометр откалиброван, то файлы калибровок находятся в каталоге "clb-g", "clb-b" или "clb-a".

2.4.6 Произвести старт измерения спектра, нажав кнопку "Старт" в панели инструментов "Менеджера измерений". Набрать и сохранить спектр.

2.4.7 После окончания набора спектра, кликнув правой кнопкой мыши по гистограмме спектра и, в появившемся контекстном меню, выбрав пункт "Расчет" провести обработку спектра с выводом результата в виде таблицы (рис.5.2). (см. "Описание программы "ASW").

2.4.8 Аналогично, для проведения измерения, можно воспользоваться пользовательской формой и нажать кнопку "Измерение" (Измерение) в панели инструментов "Менеджера измерений". Выбрав необходимую геометрию измерения и, заполнив все перечисленные поля, нажать на кнопку "Старт" (Рис.5.1). Набрать и сохранить спектр.

2.4.8.1 В блоке 1 (рис. 5.1а) показана схема, в которой в иерархическом виде представлены имеющиеся в наличии варианты геометрий. Для выбора нужной геометрии нужно дважды кликнуть по соответствующему измеряемой пробе изображению геометрии. После этого раскроется перечень вариантов типов проб (пища, конструкционные материалы, вода и т.д) (рис. 5.1б).

2.4.8.2 Для выбора типа пробы нужно опять дважды кликнуть по изображению, соответствующему типу пробы. Далее раскроется остальная часть окна "Измерение" (Рис. 5.1в), а в блоке 1 на рис. 5.1в пропишется выбранный калибровочный файл и некоторые данные о нем (геометрия, тип и список радионуклидов, по которым будет проведен расчет активностей).

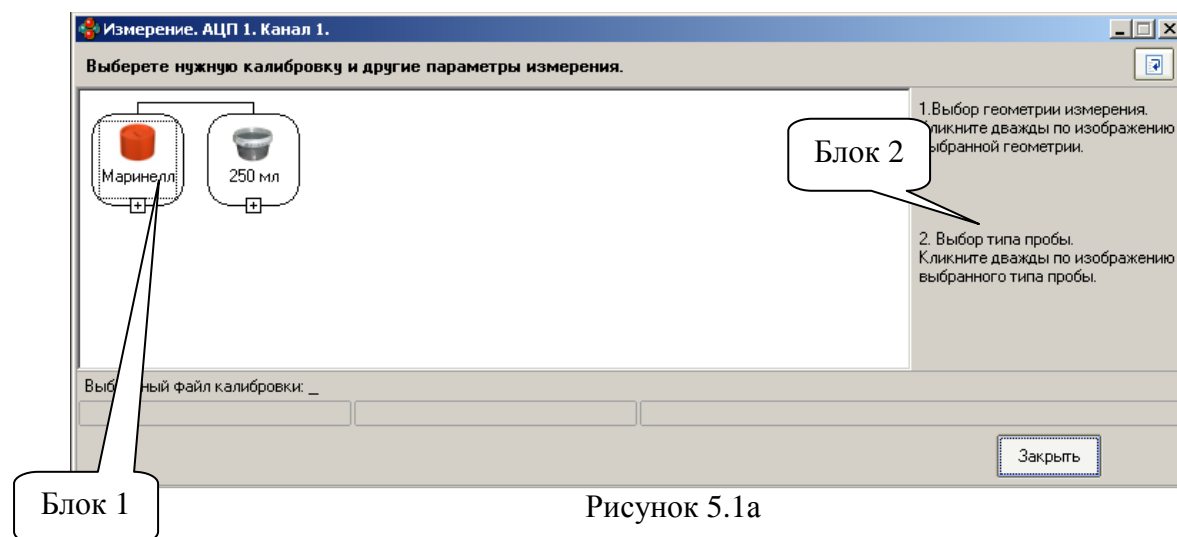


Рисунок 5.1а

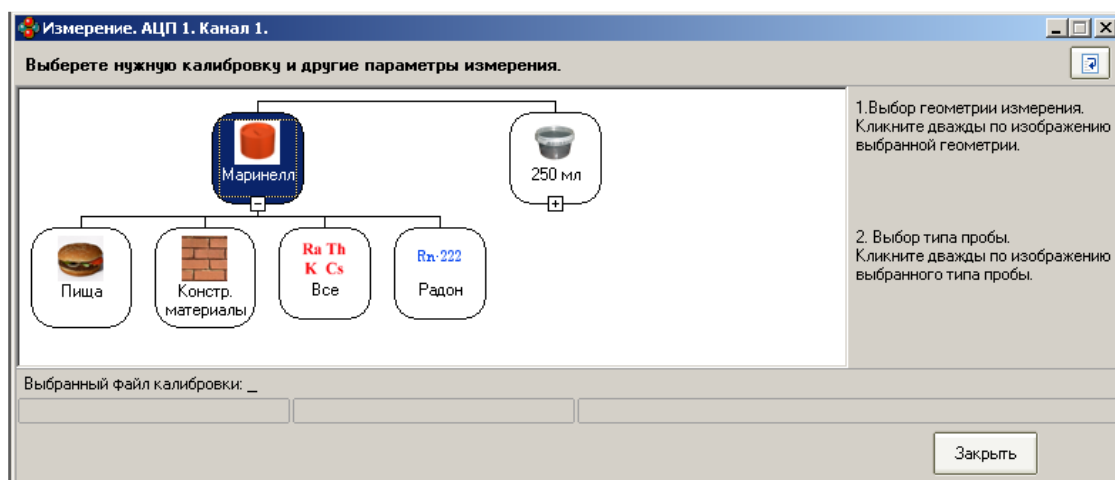


Рисунок 5.1б

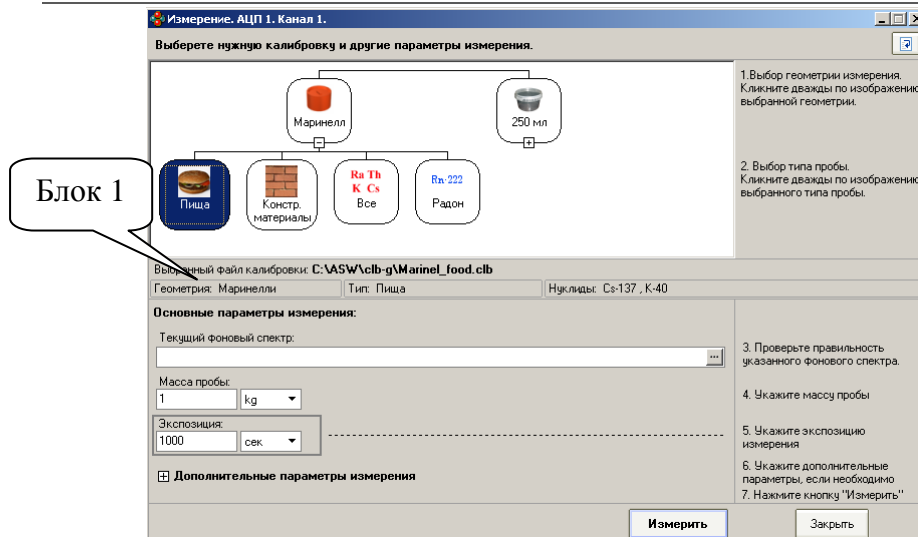


Рисунок 5.1в

2.4.8.3 Заполнить поля “Текущий фоновый спектр”, “Масса пробы” и “Экспозиция” если это необходимо. После чего следует нажать кнопку **Измерить**. Начнется набор спектра, и когда он закончится, на экране сразу появится результат расчета как на рис. 5.2.

2.4.8.4 Стоит обратить внимание, что в окне “Измерение” присутствуют элементы помощи (Блок 2, рис.5.1а). Каждый из них расположен на уровне того места, к которому они относятся.

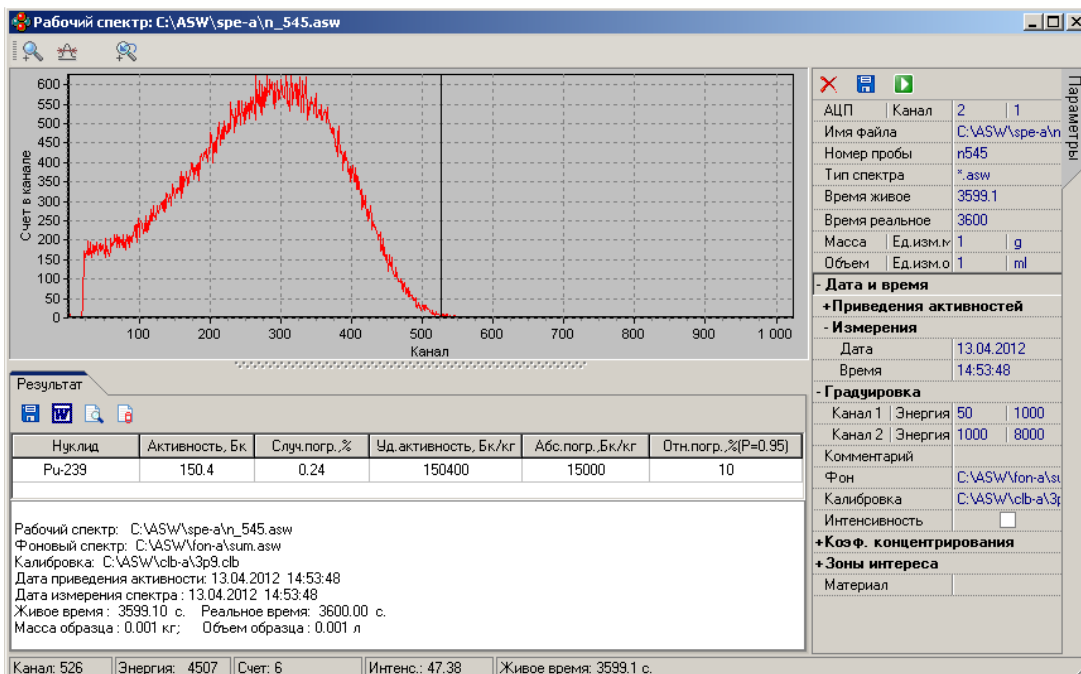


Рисунок 5.2а Пример вывода результата измерений альфа – излучающих радионуклидов

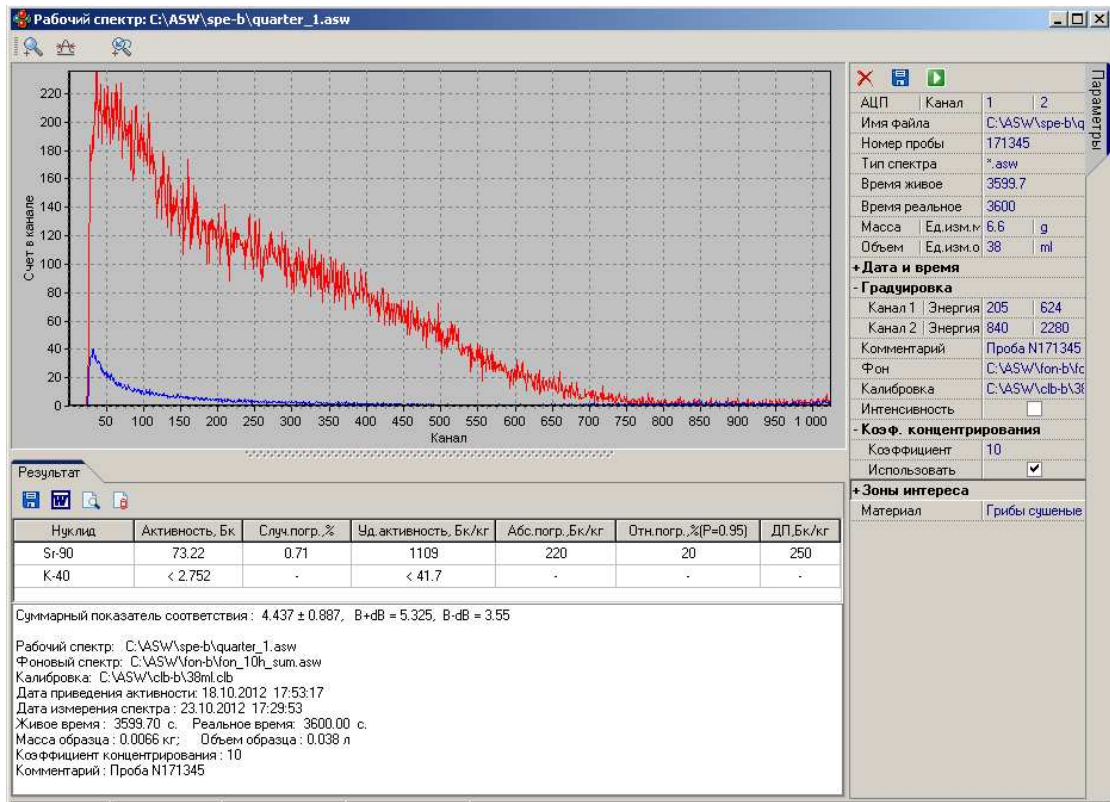


Рисунок 5.2б Пример вывода результата измерений бета – излучающих радионуклидов

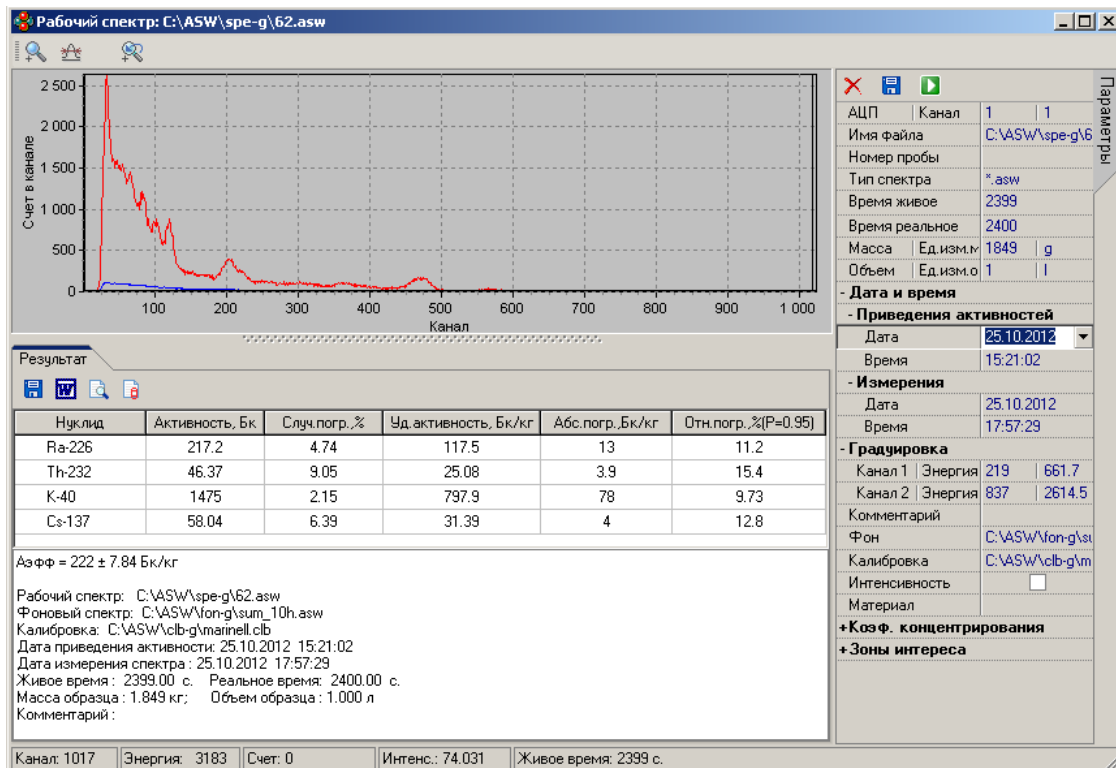


Рисунок 5.2в Пример вывода результата измерений гамма – излучающих радионуклидов

2.5 Контрольные измерения

Контрольные измерения (настройку) проводят с целью периодической проверки работоспособности спектрометра. Они могут проводиться как в автоматическом режиме (см.п. 2.5.2, оператор только устанавливает/убирает контрольный источник), так и в ручном режиме (п.2.5.3). Рекомендуется использовать автоматический режим настройки (в программе "ASW" термин "Общая настройка", рис.7) как более надежный и менее зависящий от ошибки оператора.

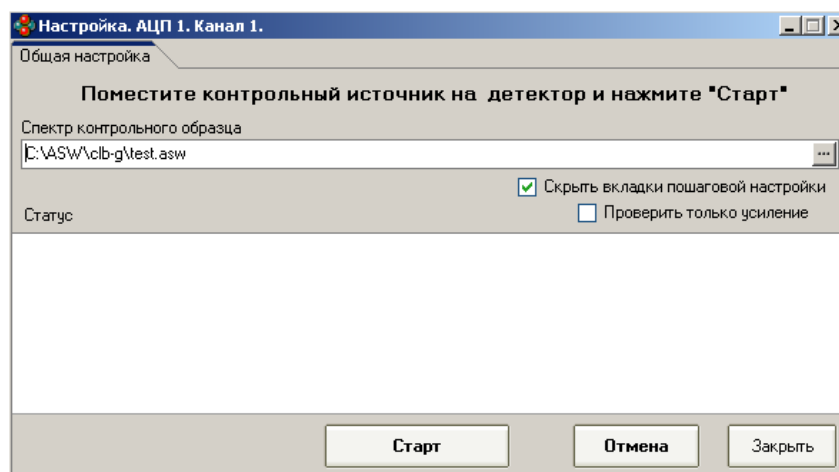


Рисунок 6.1 Вид окна "Настройка"

2.5.1 Настройка спектрометра для каждого тракта включает в себя:

- контроль усиления;
- энергетическую градуировку (только для спектрометрических блоков детектирования);
- контроль фона;
- контроль чувствительности.

2.5.2 Для проведения автоматической настройки, включающей в себя все четыре (три для радиометрических трактов) вида контроля, в программе "ASW" для **каждого тракта** необходимо:

- вызвать режим "Настройка", для этого нажать кнопку "Настройка" в панели инструментов "Менеджера измерений" (рис.6.2, также см. раздел "Настройка" в "Описании программы "ASW");

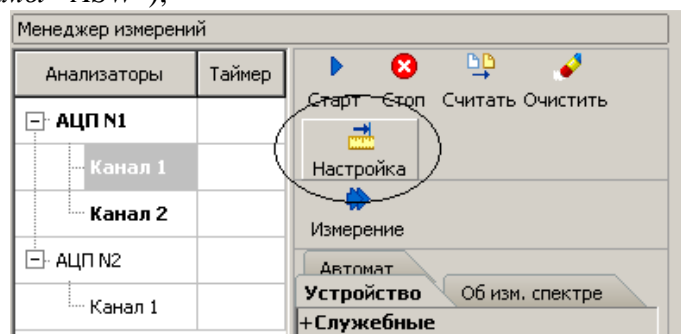


Рисунок 6.2

- удостовериться, что в поле **"Спектр контрольного образца"** указан существующий правильный спектр, который получают при первичной калибровке СПР (поставляется в инсталляционном пакете с программой);

- установить контрольный источник на детектор или в устройство позиционирования и нажать кнопку **"Старт"** в окне **"Настройка"**.

Далее, после проведения первого и второго шага настройки, по требованию программы необходимо:

- извлечь источник из защитной камеры и установить на устройство позиционирования фоновую кювету.

- нажать кнопку **"Продолжить"**.

Начнется процедура контроля фона. По завершении последнего этапа программа выдаст результат настройки. Если результат положительный и настройка проведена успешно для всех блоков детектирования, то СПР полностью готов к проведению измерений.

В случае проведения настройки в первый раз перед началом контроля фона программа предложит ввести имя файла фонового спектра, которое автоматически сохранится в поле **"Спектр фона"** на вкладке **"Устройство"** по окончании настройки.

Если по окончании проведения настройки появится сообщение об ошибке, то необходимо действовать в соответствии с указаниями, содержащимися в этом же сообщении.

При появлении сообщения о непрохождении контроля фона необходимо выполнить мероприятия по деактивации в соответствии с п. 2.5.10.4 и повторить настройку.


Если мероприятия по деактивации не помогли и контроль фона не проходит, следует очистить информацию о старом спектре фона (очистить поле **"Спектр фона"** на вкладке **"Устройство"** или нажать кнопку  в этом поле, рис.7) и провести настройку снова.



Рисунок 7

2.5.3 Для ручной настройки контроля усиления также понадобится вызвать режим **"Настройка"**. Далее необходимо установить галочку в поле **"Проверить только усиление"**. Аналогично автоматическому режиму установить контрольный источник на детектор или в устройство позиционирования и нажать кнопку **"Старт"**. Далее, после проведения первого шага (т.е. настройки только усиления) настройка остановится, и можно будет переходить к ручной энергетической градуировке, контролю фона или контролю чувствительности.

2.5.4 Энергетическую градуировку блоков детектирования гамма - излучения проводят по прилагаемому к спектрометру контрольному источнику ^{232}Th (или комплексному источнику $^{137}\text{Cs} + ^{60}\text{Co}$). Для характерных линий этого радионуклида с энергиями 583 кэВ и 2614.5 кэВ определяют номера каналов.

2.5.5 Порядок проведения энергетической градуировки

2.5.5.1 Спектрометр должен быть включен и соединен с компьютером.

2.5.5.2 Установить контрольный источник в защитную камеру.

2.5.5.3 Провести измерение спектра контрольного источника.

2.5.5.4 Определить положение пика с энергией 583 кэВ (см. Описание программы “ASW”). Вписать полученное значение номера канала в поле “Канал 1” на вкладке “Устройство” в “Менеджере измерений” (рис.8). Значение канала от этой энергетической линии должно быть в пределах от 195 до 199. Указать в соседнем поле “Энергия 1” значение энергии 583кэВ.

- Градуировка			
Канал 1	Энергия 1	196	583
Канал 2	Энергия 2	820	2614.5

Рисунок 8

2.5.5.5 Аналогично определить положение пика с энергией 2614,5 кэВ. Сохранить полученный номер канала в поле “Канал 2” на вкладке “Устройство” и значение энергии 2614,5 в поле “Энергия 2”.

2.5.6 При использовании комплексного контрольного источника $^{137}\text{Cs} + ^{60}\text{Co}$ необходимо использовать линии 661,7 кэВ (^{137}Cs) и 1332,5кэВ (^{60}Co).

2.5.7 Энергетическую градуировку спектрометрических блоков детектирования бета - излучения (БДЕБ-60 и БДЕБ-70) проводят по прилагаемому к спектрометру комплексному контрольному источнику $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$. В этом случае используют пик конверсионных электронов радионуклида ^{137}Cs с энергией 624кэВ и граничную энергию 2280 кэВ радионуклида ^{90}Y .

2.5.8 Для проведения энергетической градуировки спектрометрических блоков детектирования бета – излучения необходимо выполнить действия в соответствии с п. 2.5.5.1-2.5.5.3 для контрольного источника $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ и определить значения каналов соответствующих пику конверсионных электронов радионуклида ^{137}Cs и граничной энергии радионуклида ^{90}Y (см. Описание программы “ASW”), после чего вписать эти значения в соответствующие поля раздела "Градуировка" на вкладке “Устройство” в “Менеджере измерений”(аналогично п. 2.5.5.4 – 2.5.5.5).

2.5.9 Измерение фона проводят с целью выявления загрязнений защитной камеры и окружающих условий. Перед измерением фона источники излучения из защитной камеры необходимо удалить.

2.5.10 Порядок проведения контроля фона

2.5.10.1 Установить на блок детектирования или в устройство позиционирования фоновую пробу (или убрать образцы из камеры).

2.5.10.2 Измерить спектр фона. Время измерения должно составлять от 0.5 до 1 часа.

2.5.10.3 После записи полученного спектра на диск выполнить контроль фона. Для этого открыть модуль “Пакет”, затем вкладку “Контроль фона” (рис.9). Заполнить поле “Фоновый спектр” вкладки названием основного спектра фона. В поле “Файл калибровки” указать файл калибровок для контроля, который прилагается в инсталляционном пакете программы и обычно имеет наименование “test.clb”. В главный список спектров загрузить контролируемый спектр фона (измеренный в соответствии с п.2.5.10.2). Далее необходимо нажать кнопку “Контроль”.

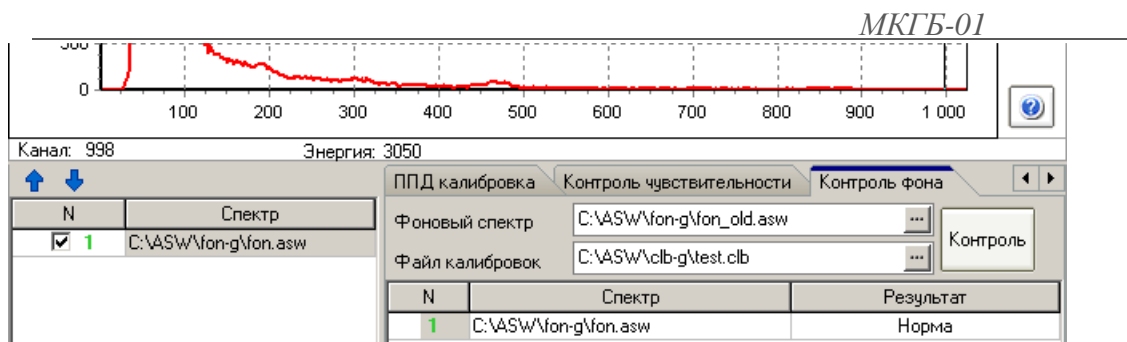


Рисунок 9

Программа оценивает статистическое различие сумм скоростей счета в рабочих окнах. Если статистическое отличие спектров незначимо (при доверительной вероятности $P=0.95$) в графе “Результат” появляется сообщение “Норма”.

2.5.10.4 В случае значимого отличия спектров (в графе “Результат” дается цифра отличия спектров фона), необходимо установить и устранить причину повышения фона. Такими причинами могут быть неплотно закрытая крышка защиты, необрушенные из защиты источники излучения, источники, находящиеся рядом с защитой, загрязнение детектора и внутренней поверхности защиты материалом активных проб, загрязнение внешней поверхности фоновой пробы, изменение энергетической калибровки.

Для снижения фона необходимо провести дозиметрический контроль вблизи защитных камер и внутри них с целью обнаружения источников излучения и участков локального радиоактивного загрязнения. Дополнительно выполняют дезактивацию измерительной камеры, детектора и внешней поверхности фоновой пробы.

2.5.11 После проведения мероприятий по снижению фона необходимо провести повторный контроль усиления, энергетической градуировки и измерение фона. Если отличие нового и используемого ранее фоновых спектров остается значимым, измерить фоновый спектр снова и использовать его при обработке результатов измерений.

2.5.12 Контроль чувствительности спектрометра проводят с целью подтверждения и проверки основных метрологических характеристик.

2.5.13 Порядок проведения контроля чувствительности

2.5.13.1 Установить в защитную камеру на детектор или в устройство позиционирования контрольный образец с известной активностью (удельной активностью) радионуклида.

2.5.13.2 Измерить и записать спектр контрольного образца в соответствии с разделом 2.4. Установить время измерения не менее 1800 с.

2.5.13.3 После записи нового спектра выполнить контроль чувствительности. Для этого открыть модуль “Пакет” (см. “Описание программы “ASW”), загрузить в главный список измеренный спектр, затем открыть вкладку “Контроль чувствительности”. Заполнить поле “Фоновый спектр” вкладки названием основного спектра фона. В поле “Файл калибровки” указать файл калибровок для контроля, который прилагается в установочном пакете программы и обычно имеет наименование “test.clb”. В поле “Файл параметров” указать файл паспортных данных о контрольном образце, который также прилагается в установочном пакете программы и обычно имеет наименование “test.pks”. Далее необходимо нажать кнопку “Контроль”.

2.5.14 Программа оценивает отличие измеренных и паспортных значений активностей (удельных активностей) радионуклидов в контрольном образце с учетом погрешностей их определения. Если указанные отличия незначимы (при доверительной

вероятности $P=0.95$), в графах с наименованиями радионуклидов появляется сообщение “**Норма**”.

2.5.15 В случае значимого отличия измеренных и паспортных значений активностей (удельных активностей) в графах с наименованиями радионуклидов даются цифры относительного отклонения измеренных значений от паспортных, необходимо установить и устранить причину значимого изменения чувствительности.

2.5.16 Возможные причины значимого отличия измеренных и паспортных значений удельных активностей в контрольном образце:

- неправильная установка контрольного образца на детектор;
- изменение усиления спектрометра;
- выбор неверного фонового спектра;
- изменение фона;
- наличие дополнительных источников излучения в защитной камере или рядом с ней;
- выбор неправильного файла калибровок.

2.5.17 После выяснения и устранения ошибок необходимо повторить контроль чувствительности.

2.6 Определение энергетического разрешения

2.6.1 Сохранение энергетического разрешения – один из показателей стабильности работы спектрометра. Для его определения выполняют операции по пунктам раздела 2.4, увеличив экспозицию измерений до 2000 с. Значение энергетического разрешения (%) считывают с панели, выведенной после процедуры «Гауссиан» (см. рис.10, а также раздел “*Аппроксимация пика распределением Гаусса.*” в *Описании программы “ASW”*). Его величина не должна отличаться от паспортной более чем на $\pm 0,2$. Для определения энергетического разрешения используется источник типа ОСГИ ^{137}Cs или ^{60}Co .

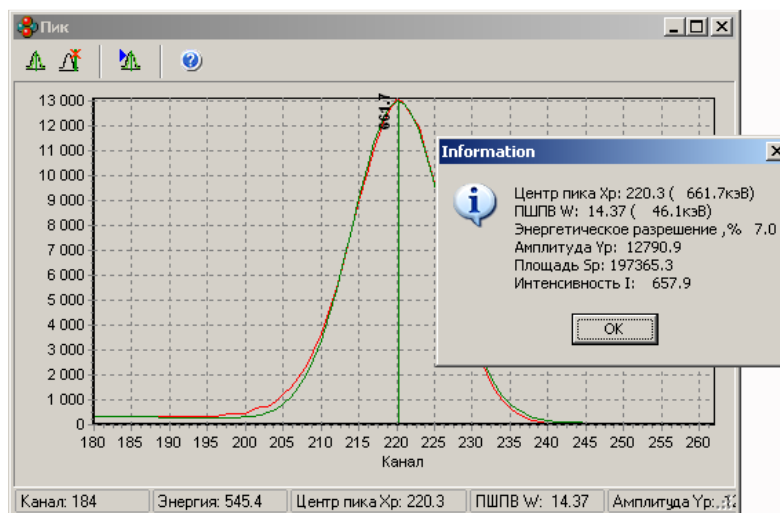


Рисунок 10

2.7 Завершение работы со спектрометром

- 2.7.1 Завершить работу программы "ASW" (команда «**Выход**» из меню «**Файл**»).
- 2.7.2 Удалить из защитной камеры источники, контрольный или счетный образец.
- 2.7.3 Выключить тумблер питания на анализаторе.
- 2.7.4 Выключить компьютер.

3 Использование по назначению

3.1 Работа со спектром

3.1.1 При наличии сохраненных спектров на диске их следует открыть с помощью пункта главного меню “Файл->Открыть спектр” программы “ASW”.

3.1.2 Во время измерения спектра на экране монитора отображается окно гистограммы (см. рис. 11):

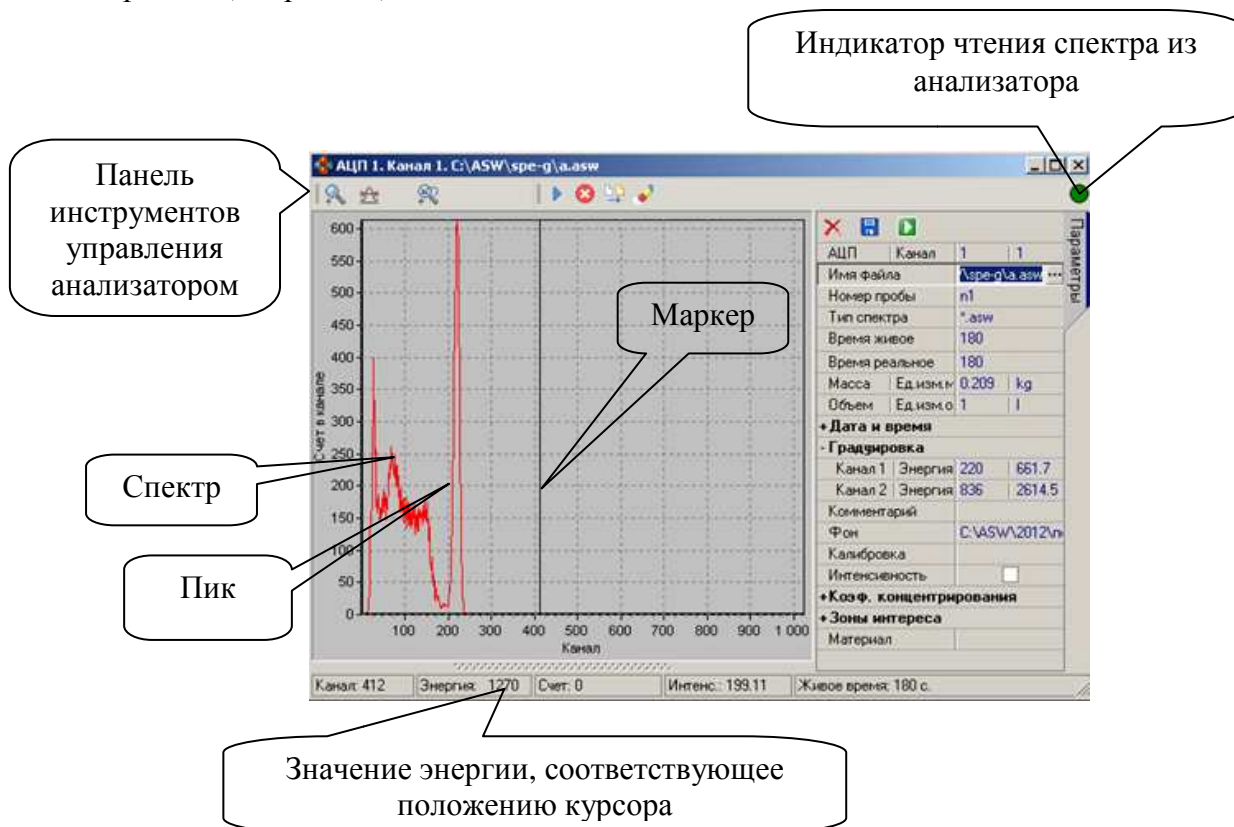














Рисунок 11

3.1.3 По окончании времени измерения или после нажатия кнопки «Стоп» программа выдаст сообщение с данными о времени набора. Данные об измеряемом спектре можно внести заранее на вкладке “Об измеряемом спектре” или ввести на вкладке “Параметры” в самом спектре (Рис.11). Вкладка открывается при одиночном щелчке мыши по слову “Параметры”. Закрыть вкладку можно нажатием кнопки  или повторным нажатием мыши по слову “Параметры”. Для записи спектра на диск нужно щелкнуть по кнопке .

3.1.4 Для работы со спектром на его окне существуют следующие кнопки:



	Режим масштабирование спектра
	Режим работы с пиком
	Откат масштабирования на шаг назад
	Открытие вкладки с данными о спектре.
	Закрытие вкладки с данными о спектре
	Сохранение измененных параметров спектра (масса, объем, коэф. концентрации и др.)
	Проведение расчета активностей или содержания радионуклидов при наличии калибровок и аттестованной методики выполнения измерений.

Кнопка  служит для включения режима масштабирования. После ее фиксации можно увеличивать и перемещать участки спектра пользуясь кнопками мыши. Кнопка  предназначена для включения режима работы с выделенным участком (пиком) и позволяет обрабатывать выделенные пики (расчет площади, разрешения и т.д.). Кнопка  имеет приоритет.

3.1.5 Подробные рекомендации по работе с программой "ASW" даны в "Описании программы "ASW".

3.2 Работа с пиком

3.2.1 Для работы в этом режиме используется весь рабочий спектр или его укрупненный фрагмент.

3.2.2 Для выделения фрагмента необходимо нажать кнопку  (кнопка  должна быть деактивирована). Указатель мыши необходимо установить близ одной из границ пика, после чего нажать левую кнопку мыши и, удерживая ее, передвинуть указатель до другой границы пика и отпустить кнопку.

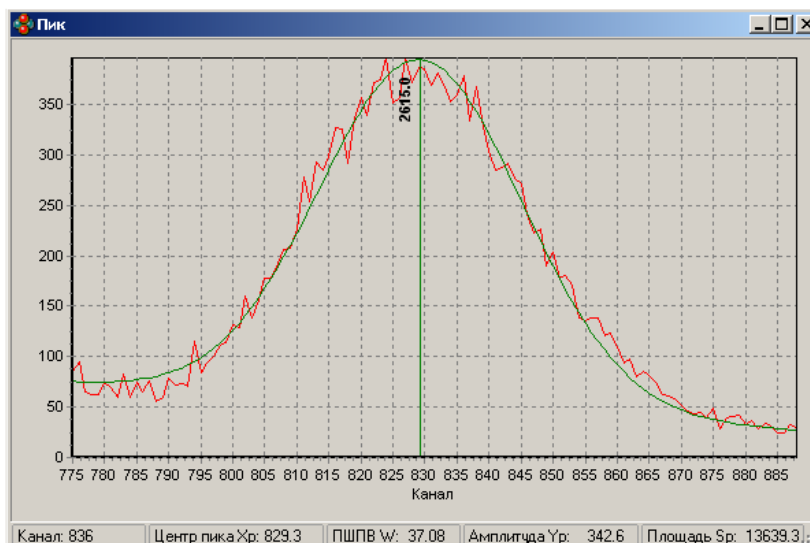


Рисунок 12

3.2.3 В границы выделения должно попасть не менее трех фоновых точек слева и справа от пика.

3.2.4 На экране появится новое окно с заголовком «**Пик**». Далее, указатель мыши расположить в окне «**Пик**» и щёлкнуть правой кнопкой мыши. Появится контекстное меню «**Пик**».

Описание команд меню приведено в таблице 3.2.4:

Таблица 3.2.4

Пункт меню	Описание
Пик	Изображение линии спектра
Гауссиан	Аппроксимация пика распределением Гаусса
Мультиплет	Разложение сложного пика на составляющие
Активность	Определение активности по пикам в спектре
Осреднение по 15 точкам	Сглаживание спектра в окне « Пик » по 15 точкам
Многоразовое осреднение	Сглаживание спектра путем многократного осреднения
Полиномиальное осреднение	Сглаживание спектра в окне « Пик » полиномом
Логарифм	Выбор шкалы по оси Y (линейная или логарифмическая)
Масштаб энергий	Выбор шкалы по оси X (в каналах или в единицах энергии, кэВ)
Очистить маркеры	Удаление разметки, выполненной в процедуре « Мультиплет »
На печать...	Вывод окна « Пик » на печать

3.2.5 Сглаживание спектра в окне «**Пик**» используется для удобства визуализации спектра. Расчеты активности выполняются по исходному спектру.

3.2.6 Аппроксимация пика распределением Гаусса

3.2.6.1 Для выполнения процедуры аппроксимации пика распределением Гаусса необходимо во всплывающем меню окна «**Пик**» выбрать пункт «**Гауссиан**». Результатом будет линия аппроксимации пика и вертикальная линия, соответствующая центру тяжести пика (центроида). Расчетные данные выводятся в сообщении (рис. 13):

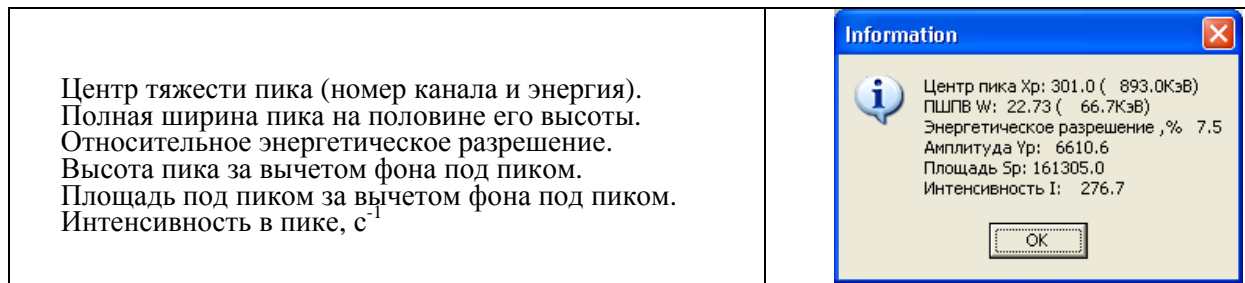


Рисунок 13

3.2.6.2 Панель с параметрами пика закрывается щелчком по кнопке «**ОК**».

3.2.6.3 Аппроксимация распределением Гаусса используется для определения энергий пиков полного поглощения.

3.2.7 Разложение сложного пика на составляющие

3.2.7.1 В поле окна «**Пик**» (см. рис.14) щелчком левой кнопки мыши установить маркеры (2 или 3 шт.), соответствующие примерным положениям предполагаемых линий полного поглощения гамма-излучения. Вначале устанавливают левый маркер, затем последующие.

3.2.7.2 Для выполнения процедуры разложения сложного пика (мультиплета) на составляющие необходимо во всплывающем меню окна «**Пик**» выбрать пункт «**Мультиплет**». В окне «**Пик**» появятся линии составляющих спектра, линия их суммы и вертикальные линии, соответствующие центрам тяжести пиков (центроидам). Поверх окна «**Пик**» будет отображена панель-сообщение с данными составляющих сложного пика, аналогичная панели данных распределения Гаусса.

3.2.7.3 Если маркеры установлены в неправильном порядке, после выполнения команды «**Мультиплет**» выводится панель с сообщением «**Маркеры установлены в неправильном порядке**». Неверную разметку можно удалить командой «**Убрать разметку**», после чего маркеры установить заново, и вновь выполнить команду «**Мультиплет**».

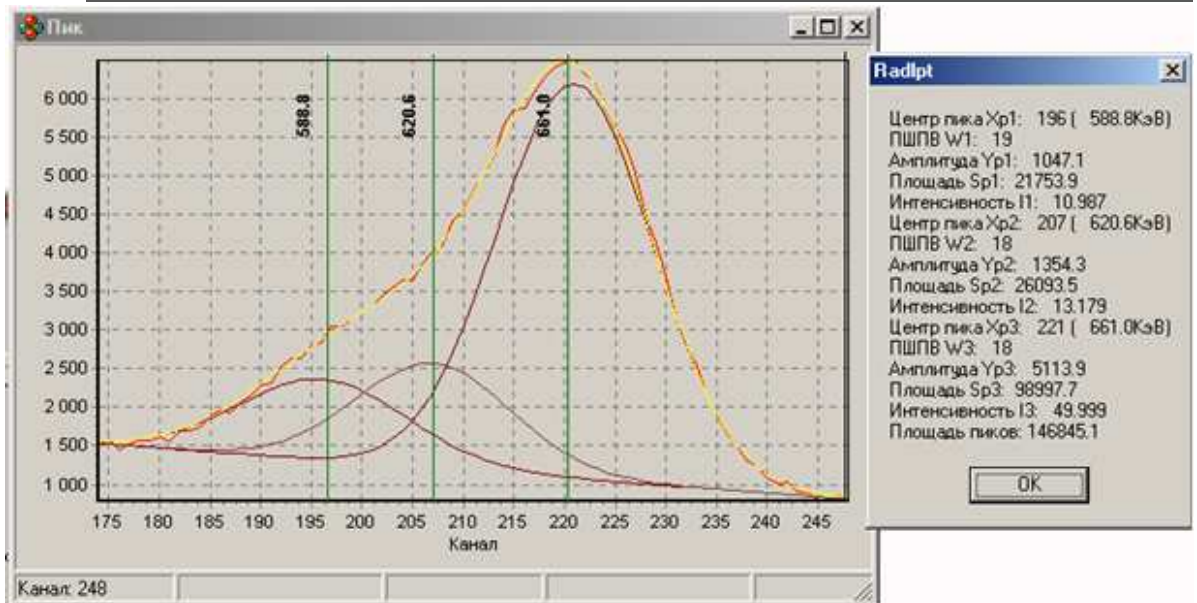


Рисунок 14

3.2.7.4 Если маркеры установлены неудачно (не соответствуют положениям предполагаемых линий полного поглощения гамма-излучения), линия суммы пиков (дана на рисунке желтым цветом) может существенно отличаться от графика спектра (красный цвет, рис.15).

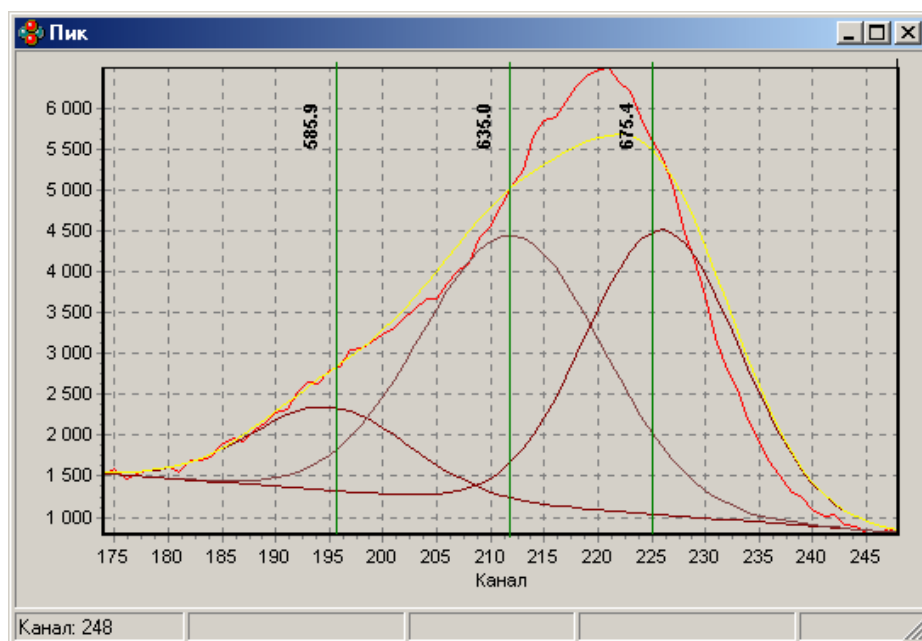


Рисунок 15

В этом случае процедуру «Мультиплет» необходимо повторять до тех пор, пока положение центров тяжести пиков (даны на рисунке зеленым цветом), не перестанет изменяться. Линия суммы пиков при этом обтекает график спектра.

3.2.8 Разложение сложного пика на составляющие для спектра, полученного на ППД

3.2.8.1 Последовательность действий для описания мультиплетов суммой гауссов такая же, как в п.3.2.7, за исключением названия пункта меню "Мультиплет ППД" и того, что результат аппроксимации первого пика может быть использован для одной из двух градуировочных точек (рис.16).

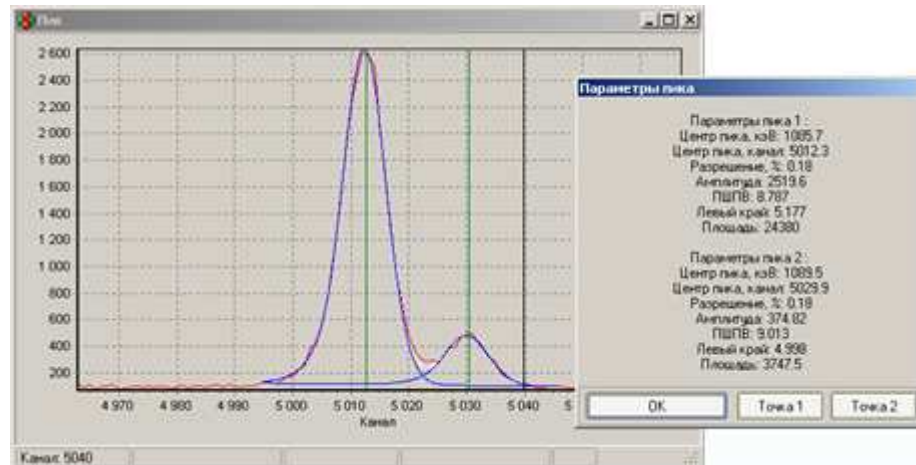


Рисунок 16

3.2.8.2 Если в окне результата нажать вместо "ОК" (рис. 16) на кнопку "Точка 1", то значения центра пика 1, ПШПВ и значение левого края будут приписаны первой точке для градуировки по ПШПВ и по форме. При нажатии "Точка 2" значения центра пика 1 (транспортируется только результат первого пика), ПШПВ и значение левого края будут приписаны второй точке для градуировки по ПШПВ и по форме.

3.2.9 Визуальная идентификация радионуклидов

3.2.9.1 Для выполнения процедуры визуальной идентификации необходимо во всплывающем меню окна спектра выбрать пункт «Подсказать нуклид».

3.2.9.2 В появившемся окне «Подсказка» (см. рис.17) нужно щелкнуть левой кнопкой мыши по строке с названием предполагаемого радионуклида. Области в спектре в районе линий соответствующего радионуклида подсвечиваются белым цветом, и обозначаются маркером со значением квантового выхода для данной линии.

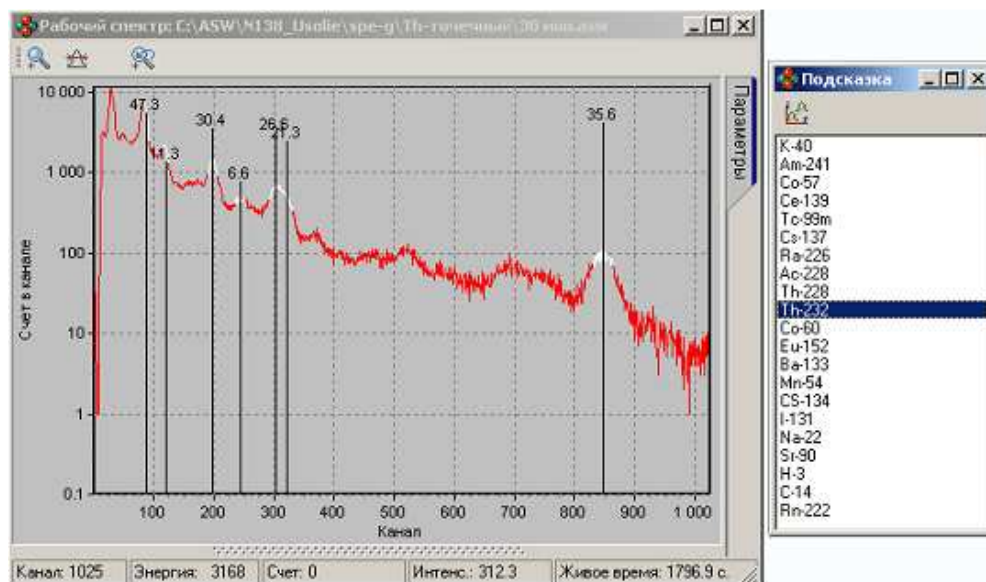


Рисунок 17

4 Поверка

Настоящая методика поверки распространяется на спектрометры - радиометры гамма- бета- и альфа излучения МКГБ-01 «РАДЭК» (далее – спектрометры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичная поверка спектрометра проводится до ввода в эксплуатацию и после ремонта, периодическая – в процессе эксплуатации.

Интервал между поверками – 2 года.

Поверка должна осуществляться органами государственной метрологической службы Росстандарта или метрологическими службами юридических лиц, аккредитованных в установленном порядке на право проведения государственной поверки спектрометрических и радиометрических средств измерений.

4.1 Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	4.7.1	Да	Да
2 Опробование	4.7.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик:	4.7.3	Да	Да
- определение относительного энергетического разрешения;	4.7.3.1	Да	Да
- определение основной относительной погрешности характеристики преобразования гамма-излучения;	4.7.3.2	Да	Нет
- определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs ;	4.7.3.3	Да	Да
- определение времени установления рабочего режима и нестабильности прибора за 8 ч непрерывной работы	4.7.3.4	Да	Нет
- проверка максимальной входной статистической загрузки;	4.7.3.5	Да	Нет
- определение фона альфа и бета – излучения;	4.7.3.6	Да	Да
- определение чувствительности к альфа - излучению радионуклида ^{239}Pu для источника типа ЗП9 на расстоянии 3 мм от торцевой поверхности блока детектирования;	4.7.3.6	Да	Да
- определение чувствительности к бета - излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y для источника типа ЗСО на расстоянии 3 мм от торцевой поверхности блока детектирования;	4.7.3.6	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	4.8	Да	Да

4.2 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Основные метрологические характеристики	Номер пункта методики при	
		первичной поверке	периодической поверке
Комплект источников фотонного излучения радионуклидных закрытых спектрометрических эталонных типа ОСГИ-3 (№ г/р 46383-11) на основе изотопов: ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{88}Y , ^{228}Th , ^{241}Am , ^{60}Co	Активность 10-100 кБк, погрешность аттестации $\pm 3\%$.	4.7.3.1-4.7.3.3	4.7.3.1-4.7.3.3
Образцовый (эталонный) радиометрический источники с радионуклидами $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ типа ЗСО	Активность 500Бк-70кБк, погрешность аттестации $\pm 4\%$	4.7.3.2	4.7.3.2
Образцовый (эталонный) радиометрический источник с радионуклидом ^{239}Pu типа ЗП9	Активность 50Бк÷5000 Бк, погрешность аттестации не более $\pm 6\%$	4.7.3.6	4.7.3.6
Объемные меры активности специального назначения (ОМАСН) радионуклида ^{137}Cs и $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$	Активность 50Бк÷5000 Бк, погрешность аттестации не более $\pm 10\%$	4.7.3.4	
Термометр	Цена деления 1 °С. Диапазон измерений температуры от 10 до 40 °С	4.7.3	4.7.3
Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерений атмосферного давления от 60 до 120 кПа	4.7.3	4.7.3
Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 20 до 90 %. Погрешность измерений не более $\pm 5\%$.	4.7.3	4.7.3
Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерений внешнего фона от 0,1 до 10 мкЗв/ч; предел допускаемой основной относительной погрешности $\pm 20\%$.	4.7.3	4.7.3

4.3 Требования к квалификации поверителей

К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают лиц, аттестованных в установленном порядке в качестве государственных поверителей спектрометрических и радиометрических средств измерений.

4.4 Требования безопасности при проведении поверки

При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, изложенные в разделе 1.6 настоящего Руководства по эксплуатации.

4.5 Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха 20 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха 60 ± 20 %;
- атмосферное давление $101,3 \pm 4$ кПа;
- фон внешнего излучения не более 0,2 мкЗв/ч.

4.6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с разделом 2 и 3 настоящего Руководства по эксплуатации.

4.7 Проведение поверки

4.7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям таблицы 2 настоящего Руководства по эксплуатации;
- наличия в Руководстве по эксплуатации отметки о первичной поверке или свидетельства о последней (периодической поверке);
- наличие четких маркировочных надписей на приборе;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу спектрометра.

4.7.2 Опробование

4.7.2.1 При проведении опробования необходимо проверить работоспособность прибора в соответствии с разделом 2 настоящего Руководства по эксплуатации.

4.7.2.2 Необходимо провести проверку соответствия следующих представленных идентификационных данных программного обеспечения:

- проверка наличия программного модуля ПО спектрометра;
- определение номера версии программного обеспечения;
- определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения.

4.7.2.3 Проверка наличия программного модуля ПО спектрометра

В каталоге *C:\ASW* (в случае установки ПО на диск *C*) необходимо проверить наличие файла *asw.exe*.

4.7.2.4 Определение номера версии программного обеспечения

Необходимо выполнить операции по определению номера версии для метрологически значимого модуля программного обеспечения: *asw.exe*. Определение номера версии производится посредством просмотра информации о версии в меню "Помощь" -> "О программе" (смотри рисунок 18). Соответствие подтверждается сравнением версии программного модуля с указанным значением в «Описании типа СИ» (при первичной поверке) или в «Свидетельстве о первичной поверке» (при периодической поверке).

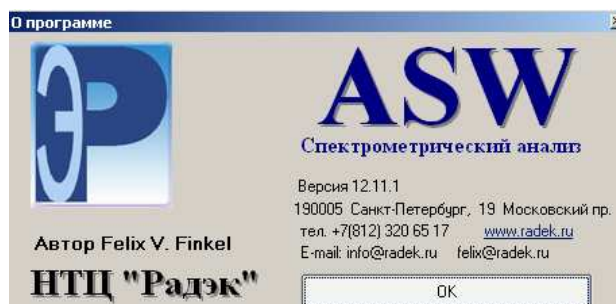


Рисунок 18

4.7.2.5 Определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения

Необходимо выполнить операции по определению цифрового идентификатора для модуля программного обеспечения (смотри рисунок 2). Вычисление цифрового идентификатора производится посредством подсчета контрольной суммы по методу CRC32 с помощью внешней программы стороннего разработчика.

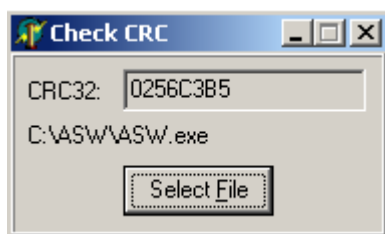


Рисунок 19

Результат первичной поверки спектрометра считают положительным, если наименование, идентификационное наименование соответствуют данным зафиксированным в описании типа (наименование программного обеспечение "ASW", идентификационное наименование "asw.exe"), при этом номер версии находится в пределах 12.11.1 – 12.99.9.

Результат периодической поверки спектрометра считают положительным, если наименование, идентификационное наименование соответствуют данным зафиксированным в описании типа (наименование программного обеспечение "ASW", идентификационное наименование "asw.exe"), номер версии находится в пределах 12.11.1 – 12.99.9, а контрольная сумма соответствует указанной в свидетельстве о первичной поверке.

4.7.3 Определение метрологических характеристик

4.7.3.1 Определение энергетического разрешения

4.7.3.1.1 Определение энергетического разрешения спектрометра проводить :

- с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150 – по линии 661,7 кэВ гамма - излучения ^{137}Cs ;
- с блоком детектирования БДЕГ-К – по линии 1332,5 кэВ гамма-излучения ^{60}Co ;
- с блоком детектирования БДЕБ-60, БДЕБ-70 – по линии конверсионных электронов ^{137}Cs .

4.7.3.1.2 Подготовить СПР к выполнению измерений в соответствии с настоящим руководством по эксплуатации.

4.7.3.1.3 Установить устройство позиционирования (дистанцер, обеспечивающий расстояние 5см от источника до поверхности детектора) с источником гамма-излучения ^{137}Cs на детектор блока БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150). Активность источника и его положение выбираются таким, чтобы статистическая загрузка СПР была до 10000 имп/с.

4.7.3.1.4 Провести измерение спектра источника. Время экспозиции выбирается таким, чтобы число импульсов в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ было не менее 10^4 .

4.7.3.1.5 Произвести обработку полученного спектра, определив ширину пика полного поглощения линии 661,7 кэВ на половине его высоты Δ_n в каналах.

4.7.3.1.6 Рассчитать абсолютное энергетическое разрешение ($\eta_{\text{абс}}$) по формуле:

$$\eta_{\text{абс}} = \Delta_n \cdot K, \quad (4.7.3.1.6.1)$$

где K – значение энергетической ширины канала, кэВ/канал, определяемое на основе результатов измерений, выполненных в п. 4.8 ТУ:

$$K = \frac{E_2 - E_1}{n_2 - n_1}, \quad (4.7.3.1.6.2)$$

где n_2 и n_1 – номера каналов, соответствующие положениям центроид пиков с энергиями E_2 и E_1 соответственно.

Примечание. Допускается для определения относительного энергетического разрешения при обработке спектра использовать соответствующий инструмент программы “ASW” (см. “Описание программы ”ASW””).

4.7.3.1.7 Относительное энергетическое разрешение рассчитывают по формуле:

$$\eta_{\text{отн}} = (\eta_{\text{абс}}/E) \cdot 100, \%, \quad (4.7.3.1.7)$$

где E – значение энергии пика полного поглощения, кэВ.

4.7.3.1.8 Результат поверки спектрометра считают положительным, если относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 и БДЕГ-150 соответственно не превышает 9, 9,5 и 12%.

4.7.3.1.9 Установить устройство позиционирования с источником гамма-излучения ^{60}Co на детектор блока БДЕГ-К. Активность источника и его положение выбираются такими, чтобы статистическая загрузка СПР была до 10000 имп/с.

4.7.3.1.10 Провести измерение спектра источника. Время экспозиции выбирается таким, чтобы число импульсов в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ было не менее 10^4 .

4.7.3.1.11 Произвести обработку полученного спектра, определив ширину пика полного поглощения линии 1332,5 кэВ на половине его высоты Δ_n в каналах.

4.7.3.1.12 Рассчитать абсолютное энергетическое разрешение в соответствии с п.

4.7.3.1.6.

4.7.3.1.13 Результат поверки спектрометра считают положительным, если абсолютное энергетическое разрешение по линии 1332,5 кэВ радионуклида ^{60}Co с блоком детектирования БДЕГ-К не превышает 2,5 кэВ.

4.7.3.1.14 Установить устройство позиционирования с источником бета - излучения ^{137}Cs под детектор блока детектирования БДЕБ-60 (БДЕБ-70). Активность источника выбирается такой, чтобы статистическая загрузка СПР была до 10000 имп/с.

4.7.3.1.15 Провести измерение спектра источника. Время экспозиции выбирается таким, чтобы число импульсов в пике конверсионных электронов радионуклида ^{137}Cs было не менее 10^4 .

4.7.3.1.16 Произвести обработку полученного спектра, определив ширину пика конверсионных электронов 624 кэВ на половине его высоты Δ_n в каналах.

4.7.3.1.17 Рассчитать относительное энергетическое разрешение в соответствии с п. 4.7.3.1.5-4.7.3.1.7.

4.7.3.1.18 Результат поверки спектрометра считают положительным, если относительное энергетическое разрешение по линии конверсионных электронов 624 кэВ радионуклида ^{137}Cs с блоками детектирования БДЕБ-60 (БДЕБ-70) не превышает 15 %.

4.7.3.2 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)

4.7.3.2.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) спектрометра для блоков детектирования БДЕГ-63 (БДЕГ-80 или БДЕГ-150) и БДЕГ-К проводить следующим образом:

4.7.3.2.2 Установить устройство позиционирования с источником гамма-излучения ^{137}Cs на детектор блока БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕГ-К). Активность источника выбираются такой, чтобы статистическая загрузка СПР была до 10000 имп/с.

4.7.3.2.3 Провести измерение спектра источника. Время экспозиции выбирается таким, чтобы число импульсов в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ было не менее 10^4 .

4.7.3.2.4 По окончании набора сохранить спектр для последующей обработки.

4.7.3.2.5 Повторить действия по п.п. 4.7.3.2.2 - 4.7.3.2.4, устанавливая последовательно на устройство позиционирования источники ^{152}Eu , ^{88}Y , ^{228}Th , ^{241}Am . Время экспозиции выбирать таким, чтобы площадь каждого из пиков полного поглощения, соответствующих энергиям гамма - квантов 31(^{137}Cs), 59,6(^{241}Am), 121,8(^{152}Eu), 238,6(^{228}Th), 344,2(^{152}Eu), 583,2(^{228}Th), 898,0(^{88}Y), 1408,0(^{152}Eu), 1836,0(^{88}Y) и 2614,5(^{228}Th) кэВ составляла не менее 10000 импульсов.

4.7.3.2.6 Произвести обработку полученных спектров. Определить положение центроид пиков 31(^{137}Cs), 59,6(^{241}Am), 121,8(^{152}Eu), 238,6(^{228}Th), 344,2(^{152}Eu), 583,2(^{228}Th), 661,7(^{137}Cs), 898,0(^{88}Y), 1408,0(^{152}Eu), 1836,0(^{88}Y) и 2614,5(^{228}Th) кэВ.

4.7.3.2.7 Рассчитать по методу наименьших квадратов уравнение прямой линии, аппроксимирующей экспериментальные значения, в виде:

$$E_i \text{ расч} = a + b \cdot N_i, \text{ кэВ} \quad (4.7.3.2.7.1)$$

где: $E_i \text{ расч}$ – рассчитанная по данному уравнению энергия линии с номером i ;
 N_i – положение центроиды линии с номером i ;
 a, b – постоянные величины.

Рассчитать по уравнению (4.7.3.2.7.1) значения энергий, соответствующих полученным центроидам пика.

Рассчитать отклонение полученных расчетных значений энергии линий $E_{i \text{ расч}}$ от истинных значений E_i по формуле:

$$\Delta E_i = (E_i - E_{i \text{ расч}}) \text{ кэВ} \quad (4.7.3.2.7.2).$$

Рассчитать основную относительную погрешность характеристики преобразования δ (интегральную нелинейность) как отношение максимального значения ΔE_i^{max} к максимальному значению энергии излучения $E_{i \text{ max}}$ в использованной выборке:

$$\delta = (\Delta E_i^{\text{max}} / E_{i \text{ max}}) \cdot 100, \% \quad (4.7.3.2.7.3)$$

4.7.3.2.8 Результат поверки спектрометра считается положительным, если предел допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометра (интегральной нелинейности) в рабочем диапазоне энергий гамма-излучения для блоков детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 или БДЕГ-150 не превышает $\pm 1.0 \%$.

4.7.3.2.9 Результат поверки спектрометра считается положительным, если предел допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометра (интегральной нелинейности) в рабочем диапазоне энергий гамма-излучения для блока детектирования БДЕГ-К не превышает $\pm 0.05 \%$.

4.7.3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения от точечного источника радионуклида ^{137}Cs с энергией гамма-излучения 661,7 кэВ.

4.7.3.3.1 Подготовить спектрометр к выполнению измерений в соответствии с настоящим руководством по эксплуатации.

4.7.3.3.2 Установить устройство позиционирования (дистанцер, обеспечивающий расстояние 5 см от источника до поверхности детектора) с источником гамма-излучения ^{137}Cs на детектор блока БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150). Активность источника должна быть такой, чтобы статистическая загрузка СПР не превышала 10000 имп/с.

4.7.3.3.3 Провести измерение спектра источника. Время экспозиции выбирается таким, чтобы число импульсов в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ было не менее 10^4 . Измерения проводить не менее 5 раз. Спектры сохранить для последующей обработки.

4.7.3.3.4 В каждом i -том спектре источника, измеренном по п. 4.7.3.3.3, определить скорость счета импульсов n_i , зарегистрированных в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ, затем рассчитать среднее значение скорости счета \bar{n} и стандартную неопределенность $u_{\bar{n}}$ по типу А по формулам:

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{m}, \quad (4.7.3.3.4.1),$$

$$u_{\bar{n}} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{n} - n_i)^2}{(m-1) \cdot m}}, \quad (4.7.3.3.4.2),$$

где m – число измерений.

4.7.3.3.5 Рассчитать эффективность регистрации в пике полного поглощения ϵ по

формуле:

$$\varepsilon = \frac{\bar{n}}{A \cdot \eta_{\gamma}} \cdot 100\%, \quad (4.7.3.3.5.1),$$

где ε – эффективность регистрации в пике полного поглощения, %;

A – активность радионуклида в источнике ОСГИ на момент измерения спектров, Бк;

η_{γ} – вероятность эмиссии гамма-квантов (квантовый выход)

соответствующей энергии на один акт распада радионуклида, квант/расп.

Рассчитать стандартную неопределенность эффективности регистрации по формуле:

$$u_{\varepsilon} = \varepsilon \cdot \sqrt{\left(\frac{u_{\bar{n}}}{\bar{n}}\right)^2 + \left(\frac{u_A}{A}\right)^2} \quad (4.7.3.3.5.2),$$

где $u_{\bar{n}}$ – стандартная неопределенность величины \bar{n} ;

u_A – стандартная неопределенность величины активности источника, определяемая по формуле:

$$u_A = \frac{A \cdot \delta_{A0}}{100 \cdot \sqrt{3}} \quad (4.7.3.3.5.3),$$

где δ_{A0} – относительная погрешность аттестации активности источника ОСГИ, %.(из свидетельства на источник).

Рассчитать расширенную неопределенность эффективности регистрации по формуле:

$$U_{\varepsilon} = u_{\varepsilon} \cdot 2 \quad (4.7.3.3.5.4),$$

где коэффициент “2” –коэффициент охвата.

4.7.3.3.6 Результат первичной поверки спектрометра считается положительным, если эффективность регистрации в пике полного поглощения 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs с учетом неопределенности ее определения ($\varepsilon - U_{\varepsilon}$) не ниже 1,2% , 2% и 7,5 для БДЕГ-63, БДЕГ-80 и БДЕГ-150 соответственно.

4.7.3.3.7 Результат периодической поверки считают положительным, если полученное значение эффективности удовлетворяет условию:

$$|\varepsilon - \varepsilon_0| \leq \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + U_{\varepsilon_0}^2}, \quad (4.7.3.3.7.1)$$

где ε и ε_0 – соответственно измеренное и определенное при первичной поверке значение эффективности;

U_{ε} и U_{ε_0} – расширенная неопределенность эффективности ε и ε_0

при коэффициенте охвата 2.

4.7.3.4 Определение времени установления рабочего режима и нестабильности прибора за 8 ч непрерывной работы

4.7.3.4.1 Проверку времени установления рабочего режима спектрометра, времени непрерывной работы и нестабильности прибора за 8 ч непрерывной работы проводить с помощью радионуклидных источников ^{137}Cs из комплекта ОСГИ.

4.7.3.4.2 Перед испытанием спектрометр должен находиться в выключенном состоянии не менее 2 ч.

4.7.3.4.3 Включить спектрометр, отметив время включения.

4.7.3.4.4 По окончании времени выхода на рабочий режим (30 мин) провести измерения по приведенному ниже описанию.

4.7.3.4.5 Установить устройство позиционирования с источником радионуклида ^{137}Cs из комплекта ОСГИ на детектор блока БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕГ-К) и под детектор блока БДЕБ-60 (БДЕБ-70).

4.7.3.4.6 Произвести измерение спектров гамма-излучения (БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150 и БДЕГ-К) и бета - излучения (БДЕБ-60) источника ^{137}Cs из комплекта ОСГИ с временем экспозиции 600 с. Активность источника должна быть такой, чтобы статистическая загрузка спектрометра не превышала 2000 имп/с.

4.7.3.4.7 В полученных спектрах определить положения центроид пиков (n_{ci}) гамма-излучения 661,7 кэВ и конверсионных электронов 624 кэВ.

4.7.3.4.8 Установить на детекторы блока БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕГ-К) ОМАСН ^{137}Cs , под детектор блока БДЕБ-60 (БДЕБ-70) ОМАСН ^{90}Sr - ^{90}Y , под детектор блока БДБ-60 (БДБ-70) источник ^{90}Sr - ^{90}Y типа ЗСО, под детектор блока БДА-60 (БДА-70) источник ^{239}Pu типа ЗП9.

4.7.3.4.9 Произвести измерение спектров ОМАСН и источников ЗСО и ЗП9 с временем экспозиции 2400 с.

4.7.3.4.10 Провести обработку полученных спектров в соответствии с РЭ СПР и определить измеренные значения активностей (A_i) в ОМАСН и источниках ЗСО и ЗП9.

4.7.3.4.11 В течение 8 ч непрерывной работы для блоков детектирования БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕГ-К) и блоков БДЕБ-60 (БДЕБ-70) производить ежедневно измерения в соответствии с пп. 4.7.3.4.5-4.7.3.4.10, а для блоков детектирования БДБ-60 (БДБ-70) и БДА-60 (БДА-70) в соответствии с пп. 4.7.3.4.8-4.7.3.4.10.

4.7.3.4.12 Рассчитать среднее положение центроид пиков (\bar{n}_c) гамма-излучения 661,7 кэВ по формуле:

$$\bar{n}_c = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ci}}{m}, \quad (4.7.3.4.12.1)$$

где: n_{ci} – положение центроиды пика в спектре с номером i ;
 m – число измерений.

4.7.3.4.13 Рассчитать среднее квадратическое отклонение σ_c центроиды пика по формуле:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_{ci} - \bar{n}_c)^2}{m-1}}. \quad (4.7.3.4.13.1)$$

4.7.3.4.14 Рассчитать временную нестабильность (изменение коэффициента пре-

образования) спектрометра по формуле:

$$D_t = \frac{\sigma_c \cdot K}{E} \cdot 100, \quad (4.7.3.4.14)$$

где: K – энергетическая ширина канала, определенная при малой нагрузке, кэВ;
 E – энергия линии, кэВ.

4.7.3.4.15 Рассчитать нестабильность работы СПР при измерении активности как максимальное отклонение активности от полученной при первом измерении по формуле:

$$G_A = 100 \cdot (A_0 - A_i) / A_0, \% \quad (4.7.3.4.15)$$

4.7.3.4.16 Результат поверки спектрометра считают положительным, если изменение коэффициента преобразования для блоков детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80 или БДЕГ-150, а также БДЕБ-60 или БДЕБ-70 не превышает $\pm 1\%$, а нестабильность при измерении активности ^{137}Cs не превосходит $\pm 2\%$.

Результат поверки спектрометра считают положительным, если изменение коэффициента преобразования для блоков детектирования БДЕГ-К не превышает $\pm 0,1\%$, а нестабильность при измерении активности ^{137}Cs не превосходит $\pm 1,5\%$ для блоков детектирования БДЕГ-К.

Результат поверки спектрометра считают положительным, если нестабильность при измерении активности для блоков детектирования БДА-60 или БДА-70, а также БДБ-60 или БДБ-70, не превышает $\pm 2\%$.

4.7.3.5 Проверка максимальной входной статистической загрузки

4.7.3.5.1 Проверку максимальной входной статистической загрузки производить:

- с блоками детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150 – по линии 661,7 кэВ гамма-излучения ^{137}Cs ,
- с блоком детектирования БДЕГ-К – по линии 1332,5 кэВ гамма-излучения ^{60}Co ;
- с блоками детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 – по линии конверсионных электронов ^{137}Cs ;
- с блоками детектирования БДБ-60 и БДБ-70 – с использованием источников ^{90}Sr - ^{90}Y типа ЗСО;
- с блоками детектирования БДА-60 и БДА-70 – с использованием источников ^{239}Pu типа ЗП9.

4.7.3.5.2 Для блоков детектирования БДЕГ-63, БДЕГ-80, БДЕГ-150, БДЕБ-60, БДЕБ-70 и БДЕГ-К произвести определение энергетического разрешения (η) в соответствии с п.4.7.3.1 ТУ при низкой (1000 имп/с) и максимальной (не ниже $5 \cdot 10^4$ имп/с) статистической нагрузках.

4.7.3.5.3 Рассчитать относительное изменение энергетического разрешения δ_η по формуле:

$$\delta_\eta = (\eta_{\max} - \eta_{\min}) \cdot 100 / \eta_{\min}, \% \quad (4.7.3.5.3)$$

где: η_{\max} и η_{\min} – значения энергетического разрешения, полученные при максимальной и низкой нагрузках.

4.7.3.5.4 Произвести определение положения центроид пиков (n) при низкой и максимальной импульсных нагрузках.

4.7.3.5.5 Рассчитать относительное смещение положений центроид пиков (n_c) по

формуле:

$$\delta_c = (n_{c \max} - n_{c \min}) \cdot 100 / n_{c \min}, \% \quad (4.7.3.5.5)$$

где: $n_{c \max}$ и $n_{c \min}$ – номера каналов, соответствующие положению центроид пиков при максимальной и низкой загрузках.

4.7.3.5.6 Результат поверки спектрометра с блоками детектирования БДЕГ-63 (БДЕГ-80, БДЕГ-150), считают положительным, если относительное изменение энергетического разрешения по линии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs не превышает 10 %, а относительное смещение центроиды пика не превосходит 3 %.

Результат поверки спектрометра с блоками детектирования БДЕБ-60 (БДЕБ-70), считают положительным, если относительное изменение энергетического разрешения по линии конверсионных электронов 624 кэВ радионуклида ^{137}Cs не превышает 10 %, а относительное смещение центроиды пика не превосходит 3 %..

Результат поверки спектрометра с блоками детектирования БДЕГ-К считают положительным, если относительное изменение энергетического разрешения по линии 1332,5 кэВ гамма-излучения ^{60}Co не превышает 10 %, а относительное смещение центроиды пика не превосходит 0,1 %.

4.7.3.5.7 Установить на устройство позиционирования источник альфа-излучения ^{239}Pu типа ЗП9 под детектор блока БДА-60 (БДА-70).

4.7.3.5.8 Активность источника должна приблизительно соответствовать 75% от максимальной статистической загрузки ($5 \cdot 10^4$ имп/с).

4.7.3.5.9 Провести измерение показаний СПР. Время экспозиции 500 сек. Сохранить результат. Повторить измерения пять раз. Определить среднее арифметическое значение.

4.7.3.5.10 Убрать источник из устройства позиционирования. Провести измерения фона. Сохранить результат.

4.7.3.5.11 Определить отклонение показаний СПР Δ_0 в процентах по формуле:

$$\Delta_0 = \frac{A_n - A_0}{A_0} \cdot 100, \quad (4.7.3.5.11)$$

где A_0 – активность радионуклида образцового источника, Бк;

A_n – показания СПР в единицах активностей за вычетом фона, Бк.

4.7.3.5.12 Произвести измерения п.п. 4.7.3.5.7-4.7.3.5.11 для блока детектирования БДБ-60 (БДБ-70) с источником ^{90}Sr - ^{90}Y типа ЗС0.

4.7.3.5.13 Результат поверки СПР с блоками детектирования БДА-60, БДА-70, БДБ-60 и БДБ-70 считают положительным, если отклонение Δ_0 не превышает 10%.

4.7.3.6 Проверку чувствительности регистрации СПР следует проводить:

- с блоками детектирования БДЕБ-60, БДЕБ-70, БДБ-60, БДБ-70 при расположении радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y типа ЗС0 на расстоянии 3 мм от центра торцевой поверхности детектора;

- с блоками детектирования БДА-60, БДА-70 при расположении радионуклида ^{239}Pu типа ЗП9 на расстоянии 3 мм от центра торцевой поверхности детектора.

4.7.3.6.1 Подготовить СПР к выполнению измерений в соответствии с настоящим руководством по эксплуатации.

4.7.3.6.2 Установить источник ^{90}Sr - ^{90}Y типа ЗС0 на устройстве позиционирования под детектор блока БДЕБ-60 (БДЕБ-70). Активность источника выбирается такой, чтобы

статистическая загрузка СПР не превышала 2000 имп/с.

4.7.3.6.3 Провести измерение. Время экспозиции 2000 сек. Сохранить результат.

4.7.3.6.4 Убрать источник из устройства позиционирования. Провести измерения фона. Время экспозиции 3600 сек. Сохранить результат.

4.7.3.6.5 Рассчитать чувствительность СПР к бета-излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\bar{n} - \bar{n}_\phi}{A}, \quad (4.7.3.6.5.1)$$

где \bar{n} - скорость счета от источника ^{90}Sr - ^{90}Y в диапазоне энергий 550-2300 кэВ, имп/с;

\bar{n}_ϕ - скорость счета в диапазоне энергий 550-2300 кэВ при измерении фона, имп/с;

A – активность ^{90}Sr - ^{90}Y в источнике (из свидетельства о поверке источника), Бк.

Рассчитать относительную стандартную неопределенность чувствительности регистрации по формуле:

$$\frac{u_\varepsilon}{\varepsilon} = \sqrt{\frac{1}{(n - n_f)^2} \left(\frac{n}{t} + \frac{n_f}{t_f} \right) + \left(\frac{u_A}{A} \right)^2} \quad (4.7.3.6.5.2)$$

где t и t_f – “живое” время измерения источника и фона, соответственно, с;

$\frac{u_A}{A}$ - стандартная неопределенность величины активности источника, (из свидетельства о поверке источника).

4.7.3.6.6 Результат первичной поверки СПР с блоками детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 считается положительным, если чувствительность регистрации в энергетическом интервале 550 - 2300 кэВ спектра радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y с учетом неопределенности ее определения ($\varepsilon - U_\varepsilon$) не менее $0,15 \text{ с}^{-1}\text{Бк}^{-1}$.

Результат периодической поверки СПР с блоками детектирования БДЕБ-60 и БДЕБ-70 считается положительным, если полученное значение чувствительности удовлетворяет условию:

$$|\varepsilon - \varepsilon_0| \leq \sqrt{U_\varepsilon^2 + U_{\varepsilon_0}^2}, \quad (4.7.3.6.6)$$

где ε и ε_0 – соответственно измеренное и определенное при первичной поверке значение чувствительности;

U_ε и U_{ε_0} – расширенная неопределенность эффективности ε и ε_0 при коэффициенте охвата 2.

4.7.3.6.7 Установить источник ^{90}Sr - ^{90}Y типа ЗСО на устройстве позиционирования под детектор блока БДБ-60 (БДБ-70). Активность источника выбирается такой, чтобы статистическая загрузка СПР не превышала 2000 имп/с.

4.7.3.6.8 Провести измерения в соответствии с п. 4.7.3.6.5 и 4.7.3.6.6.

4.7.3.6.9 Рассчитать чувствительность СПР к бета-излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y по формуле 4.7.3.6.5.1 и относительную стандартную неопределенность по формуле 4.7.3.6.5.2.

4.7.3.6.10 Результат первичной поверки СПР с блоками детектирования БДБ-60 и БДБ-70 считается положительным, если чувствительность регистрации излучения радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y в источнике типа ЗСО с учетом неопределенности ее определения (ϵ - U_ϵ) не менее $0,24 \text{ с}^{-1}\text{Бк}^{-1}$, а также значение фона бета - излучения составляет не более 1 имп/с.

Результат периодической поверки СПР с блоками детектирования БДБ-60 и БДБ-70 считается положительным, если полученное значение чувствительности удовлетворяет условию 4.7.3.6.6, а также значение фона бета - излучения составляет не более 1 имп/с.

4.7.3.6.11 Установить источник ^{239}Pu типа ЗП9 на устройстве позиционирования под детектор блока БДА-60 (БДА-70). Активность источника выбирается такой, чтобы статистическая нагрузка СПР не превышала 2000 имп/с.

4.7.3.6.12 Провести измерения в соответствии с п. 4.7.3.6.5 и 4.7.3.6.6.

4.7.3.6.13 Рассчитать чувствительность СПР к бета-излучению радионуклида ^{239}Pu по формуле 4.7.3.6.5.1 и относительную стандартную неопределенность по формуле 4.7.3.6.5.2. В качестве \bar{n} и \bar{n}_ϕ взять интегральную скорость счета всей гистограммы.

4.7.3.6.14 Результат первичной поверки СПР с блоками детектирования БДА-60 и БДА-70 считается положительным, если чувствительность регистрации излучения радионуклида ^{239}Pu в источнике типа ЗП9 с учетом неопределенности ее определения (ϵ - U_ϵ) не менее $0,3 \text{ с}^{-1}\text{Бк}^{-1}$, а также значение фона альфа-излучения составляет не более 0,01 имп/с.

Результат периодической поверки СПР с блоками детектирования БДА-60 и БДА-70 считается положительным, если полученное значение чувствительности удовлетворяет условию 4.7.3.6.6, а также значение фона альфа-излучения составляет не более 0,01 имп/с.

4.8 Оформление результатов поверки

4.8.1 При положительных результатах первичной поверки в Приложение 1 Паспорта документа ставится подпись поверителя, штамп организации, производшей поверку, дата поверки и выдается свидетельство о поверке установленной формы.

4.8.2 При положительных результатах очередной поверки или поверки после ремонта на спектрометр выдается свидетельство о поверке установленной формы.

4.8.3 При отрицательных результатах поверки спектрометр к применению не допускаются. На него выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин, а свидетельство аннулируется.

5 Хранение

5.1 До введения в эксплуатацию спектрометр хранится на складе в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре плюс 25 °С без конденсации влаги.

5.2 Спектрометр без упаковки хранится при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35 °С и относительной влажности не более 80 % при температуре плюс 25 °С.

5.3 Содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, в помещениях, где хранится спектрометр, не должно превышать содержания коррозионно-активных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

6 Транспортирование

6.1 Спектрометр может перевозиться всеми видами транспорта при температуре от минус 25°С до плюс 55°С в дополнительной упаковке из полиэтилена и поролоната толщиной не менее 50 мм. Скорость изменения температуры в отсеках, где перевозится прибор, не должна превышать 5 °С/мин.

6.2 Упакованный спектрометр должен быть размещен и закреплен в транспортном средстве так, чтобы обеспечивалось его устойчивое положение, и исключалась возможность ударов друг о друга и о стенки транспортного средства.

6.3 Положение транспортной тары со спектрометром при транспортировании должно соответствовать предупредительным знакам и надписям на транспортной таре.

6.4 Транспортирование спектрометра грузовыми перевозками без транспортной тары не допускается.

7 Утилизация

7.1 Утилизация спектрометра проводится в установленном порядке и не оказывает вредного влияния на окружающую среду.

7.2 В случае нарушения целостности герметичного контейнера детектора на основе NaI(Tl), детектор подлежит запаиванию в полиэтиленовый пакет и возврату предприятию-изготовителю детекторов для утилизации и обезвреживания токсичного соединения.

7.3 При контакте с разгерметизированным кристаллом необходимо тщательно вымыть руки. Запрещается поврежденный детектор выбрасывать на свалку, в воду, закапывать в землю.

8 Гарантии изготовителя

8.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие спектрометра основным параметрам и техническим данным и характеристикам, указанным в настоящем руководстве по эксплуатации, при соблюдении потребителем правил и условий эксплуатации, транспортирования и хранения.

8.2 Гарантийный срок эксплуатации – 12 месяцев с момента ввода спектрометра в эксплуатацию или по истечении гарантийного срока хранения.

8.3 Гарантийный срок хранения – 6 месяцев со дня приемки изделия представителем.

8.4 В случае отказа спектрометра в течение гарантийного срока эксплуатации владелец имеет право на бесплатный ремонт.

Примечание: при нарушении пломб на спектрометре, а также механических и других повреждениях блоков и принадлежностей спектрометра по вине потребителя претензии по качеству не принимаются и гарантийный ремонт не проводится.

8.5 Гарантийный срок эксплуатации продлевается на период от подачи рекламации до повторного ввода спектрометра в эксплуатацию силами предприятия-изготовителя.

8.6 Гарантийный и послегарантийный ремонт проводит предприятие-изготовитель.

8.7 Действие гарантийных обязательств прекращается по истечении гарантийного срока эксплуатации.

8.8 Предприятие-изготовитель обеспечивает сервисное обслуживание изделия в течение всего срока послегарантийной эксплуатации на договорной основе. По вопросам сервисного обслуживания обращаться по адресу: