

СОГЛАСОВАНО
Проректор по науке
ФГАОУ Уральский федеральный университет (УрФУ)



В.В.Кружаев
инициалы, фамилия

МП
« 21 » сентября 2018 г.

Генеральный директор
ООО «Неоратех»



О.В. Швалева
инициалы, фамилия

МП
« 21 » сентября 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель

генерального директора ФБУ «УРАЛТЕСТ»
по метрологии,
руководитель службы по обеспечению единства измерений ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Ю.М.Суханов
инициалы, фамилия

МП
« 21 » сентября 2018 г.

УСТАНОВКИ γ -СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСГМ-02 «ЦЕЗИЙ»

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
АРВЦ.412131.005 МП

Екатеринбург
2018

Содержание

1 Вводная часть	
2 Операции поверки.....	3
3 Средства поверки	4
4 Требования безопасности.....	5
5 Условия поверки и подготовка к ней.....	5
6 Проведение поверки	5
7 Оформление результатов поверки.....	11

1 Вводная часть

1.1 Настоящая методика распространяется на установки γ -спектрометрические многофункциональные УСГМ-02 «Цезий» (далее – УСГМ), предназначенные для определения радионуклидного состава и измерения активности, объемной активности, удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в образцах проб сложного или неизвестного заранее нуклидного состава и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки УСГМ.

1.2 Первичной поверке подлежат УСГМ, выпускаемые из производства или после ремонта, влияющего на метрологические характеристики.

1.3 Периодической поверке подлежат УСГМ, находящиеся в эксплуатации.

1.4 Поверка должна проводиться юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, аккредитованными в установленном порядке на право проведения поверки средств измерений.

Межповерочный интервал - 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки УСГМ должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6.1	Да	Да
Опробование	6.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	6.3		
Определение диапазона регистрируемых энергии гамма-излучения и основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность)	6.3.1	Да	Да
Определение относительного энергетического разрешения по линии 661,7 кэВ для радионуклида ^{137}Cs	6.3.2	Да	Да
Определение временной нестабильности характеристики преобразования за 24 часа непрерывной работы	6.3.3	Да	Нет
Определение относительного изменения разрешения по линии 2614,5 кэВ радионуклида ^{228}Th при максимальной загрузке и относительного смещения положения пика линии 2614,5 кэВ радионуклида ^{228}Th при максимальной загрузке	6.3.4	Да	Нет
Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения в точечной геометрии для радионуклида ^{60}Co по линии с энергией 1332 кэВ и для радионуклида ^{137}Cs по линии с энергией 661,7 кэВ	6.3.5	Да	Да
Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в точечной геометрии	6.3.6	Да	Да

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение минимально измеряемой активности для радионуклида ^{137}Cs	6.3.7	Да	Да
Определение минимально измеряемой объемной активности и эффективности регистрации радионуклида ^{40}K в воде, в сосуде кубической формы объемом 1000 л	6.3.8	Да	Нет

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции поверку следует прекратить.

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны быть применены средства, указанные в таблицах 2 и 3.

Т а б л и ц а 2 – Основные средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного средства поверки; метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.1	Основные средства поверки не требуются
6.2	Источники фотонного излучения закрытые спектрометрические эталонные типа ОСГИ радионуклидов ^{137}Cs или ^{60}Co , 2 разряд в соответствии с ГОСТ 8.033-96
6.3.1	Основные средства поверки не требуются
6.3.2	Источники фотонного излучения закрытые спектрометрические эталонные типа ОСГИ радионуклида ^{137}Cs , 2 разряд в соответствии с ГОСТ 8.033-96
6.3.3	Основные средства поверки не требуются
6.3.4	Основные средства поверки не требуются
6.3.5	Источники фотонного излучения закрытые спектрометрические эталонные типа ОСГИ радионуклидов ^{137}Cs , ^{60}Co , 2 разряд в соответствии с ГОСТ 8.033-96
6.3.6	Источники фотонного излучения закрытые спектрометрические эталонные типа ОСГИ радионуклидов ^{137}Cs , ^{60}Co , 2 разряд в соответствии с ГОСТ 8.033-96
6.3.7	Основные средства поверки не требуются
6.3.8	Основные средства поверки не требуются

Т а б л и ц а 3 – Вспомогательные средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип вспомогательного средства поверки; метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.1	Вспомогательные средства поверки не требуются
6.2	Вспомогательные средства поверки не требуются
6.3.1	Источник фотонного излучения ионизирующего излучения закрытый спектрометрический типа ОСГИ радионуклида ^{228}Th , номинальная активность от 5 до 1000 кБк Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с
6.3.2	Климатическая камера, диапазон температур от минус 65 до плюс 100 °С Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с
6.3.3	Источник фотонного излучения ионизирующего излучения закрытый спектро-

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип вспомогательного средства поверки; метрологические и основные технические характеристики средства поверки
	метрический типа ОСГИ радионуклида ^{228}Th , номинальная активность от 5 до 1000 кБк Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с
6.3.4	Источник фотонного излучения закрытый спектрометрический типа ОСГИ радионуклида ^{228}Th , номинальная активность от 5 до 1000 кБк, Источник гамма-излучения типа ИГИ-Ц-3-6 радионуклида ^{137}Cs с защитным коллиматором; активность от $1,7 \cdot 10^8$ до $3,0 \cdot 10^8$ Бк Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с
6.3.5	Рулетка от 0 до 1000 мм, цена деления 1 мм Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с
6.3.6	Рулетка от 0 до 1000 мм, цена деления 1 мм
6.3.7	Рулетка от 0 до 1000 мм, цена деления 1 мм Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с
6.3.8	Весы, диапазон измерения от 0 до 3 кг, класс точности не ниже среднего. Рулетка от 0 до 1000 мм, цена деления 1 мм Реактив КАЛИЙ Хлористый по ГОСТ 4234-77, с содержанием 99,8 % Ёмкость 1м^3 Секундомер, класс точности второй, емкость минутной шкалы 60 мин, цена деления 0,2 с

Примечание: допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки руководствоваться "Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2010)" и "Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009)".

5 Условия поверки и подготовка к ней

5.1 Все виды поверок проводятся в нормальных условиях (ГОСТ 8.395-80):

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- напряжение питающей сети постоянного тока, В от 9 до 36.
- внешний фон гамма-излучения, мкЗв/ч, не более 0,25

5.2 Перед проведением поверки проверяется наличие комплекта документов УСГМ (РЭ, ТУ, формуляр).

5.3. Провести подготовку УСГМ к измерениям в соответствии с п.2.3 «Установка γ -спектрометрическая многофункциональная УСГМ-02 «Цезий». Руководство по эксплуатации. АРВЦ.412131.005РЭ».

6 Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

Проведите проверку на соответствие комплектности и маркировки УСГМ требованиям, установленным в руководстве по эксплуатации АРВЦ.412131.005 РЭ.

При визуальном осмотре внешнего состояния проверьте надежность подключения соединительных кабелей.

6.2 Опробование

6.2.1 При опробовании проверьте действие органов управления, регулировки, работоспособность УСГМ в соответствии с руководством по эксплуатации АРВЦ.412131.005РЭ.

Опробование проводят после истечения времени установления рабочего режима.

Перед рабочим торцом цилиндрического корпуса интеллектуального детектора (ИД) Старк-02 из состава УСГМ (напротив сцинтилляционного кристалла) установите источник радионуклида ^{60}Co или ^{137}Cs из комплекта ОСГИ. В соответствии с РЭ в течение не менее, чем 100 с, производите набор спектра излучения радионуклида ^{60}Co или ^{137}Cs , отображаемый на дисплее карманного персонального компьютера (КПК), ноутбука, стационарного компьютера или специализированного блока обработки информации (БОИ). Форма каждого из пиков должна описываться плавной огибающей кривой и быть симметричной.

6.2.2 При опробовании программного обеспечения (ПО) контрольные суммы исполняемого кода цифрового идентификатора должны соответствовать контрольным суммам, указанным в формуляре.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Определение диапазона регистрируемых энергии гамма-излучения и основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность)

Определение характеристик производится при обработке гамма-спектра, получаемого при регистрации нескольких моноэнергетических гамма-линий путем измерения интегральной нелинейности в указанном диапазоне энергий с помощью гамма-источника типа ОСГИ радионуклида ^{228}Th .

Установите на рабочем торце корпуса спектрометра источник радионуклида ^{228}Th .

Включите УСГМ и через 15 минут начните набор аппаратурного спектра. Длительность экспозиции выбирается таким образом, чтобы обеспечить площадь пика с энергией 2614,5 кэВ не менее 10000 отсчетов.

По окончании времени экспозиции проведите квадратичную градуировку шкалы спектрометра по линиям излучения - 238,6 кэВ, 583,2 кэВ и 2614,5 кэВ.

Для каждой линий с энергиями 75; 238,6; 583,2; 511,0 и 2614,5 кэВ определите положения центров тяжести пиков, ширины и номера каналов. Для каждого измеренного положения центра тяжести пика полного поглощения E_{mi} , соответствующего табличному значению энергии E_{ti} , рассчитайте в кэВ отклонение от истинного значения ΔE_{ti} , кэВ по формуле:

$$\Delta E_{ti} = |E_{ti} - E_{mi}|, \quad (1)$$

Затем выберите максимальное значение из полученных разностей (ΔE_{ti_max}) и рассчитывайте ИНЛ, % по формуле:

$$\text{ИНЛ} = \frac{\Delta E_{ti_max}}{E_{max} - E_{min}} \cdot 100, \quad (2)$$

где E_{max} – верхнее значение диапазона энергий (3000 кэВ),
 E_{min} – нижнее значение диапазона энергий (50 кэВ).

Измерение ИНЛ спектрометра одновременно является проверкой диапазона регистрируемых энергий.

Результаты поверки считают положительными, если интегральная нелинейность характеристики преобразования в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ не превышает $\pm 0,5\%$.

6.3.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии 661,7 кэВ для радионуклида ^{137}Cs

Установите источник радионуклида ^{137}Cs на расстоянии, обеспечивающем загрузку не более 10^3 с^{-1} , и проведите набор спектра.

По значению ширины пика на половине высоты с помощью программы обработки спектра оцените относительное энергетическое разрешение по линии 661,7 кэВ.

Результаты периодической поверки считают удовлетворительными, если энергетическое разрешение $\eta_{662\text{keV}}$ для линии 661,7 кэВ (^{137}Cs) не превышает 6,75 %.

При проведении первичной поверки необходимо определить относительное энергетическое разрешение по линии 661,7 кэВ для радионуклида ^{137}Cs в следующих диапазонах температур: от минус 25 до минус 15 $^{\circ}\text{C}$, от минус 15 до плюс 10 $^{\circ}\text{C}$ и от плюс 45 до плюс 55 $^{\circ}\text{C}$. При этом, перед проведением измерений, необходимо выдержать прибор в климатической камере не менее 1 ч.

Результаты первичной поверки считают удовлетворительными, если энергетическое разрешение $\eta_{662\text{keV}}$ для линии 661,7 кэВ (^{137}Cs) не превышает в диапазонах температур от минус 25 до минус 15 $^{\circ}\text{C}$ – 8,00 %, от минус 15 до плюс 10 $^{\circ}\text{C}$ – 7,50 %, от плюс 10 до плюс 45 $^{\circ}\text{C}$ – 6,75 %, от плюс 45 до плюс 55 $^{\circ}\text{C}$ – 7,25 %.

6.3.3 Определение временной нестабильности характеристики преобразования за 24 часа непрерывной работы

Включите УСГМ и не ранее, чем через 15 мин, снимите спектр от источника радионуклида ^{228}Th . Длительность экспозиции выбирается таким образом, чтобы обеспечить площадь пика с энергией 2614,5 кэВ не менее 10000 отсчетов. Проведите квадратичную градуировку шкалы спектрометра по пикам $E_{\gamma} = 238,6$ кэВ, $E_{\gamma} = 583,2$ кэВ и $E_{\gamma} = 2614,5$ кэВ. Снимите спектры от контрольного источника через 1, 2, 4, 8, 16 и 24 ч после включения.

Допускается в качестве контрольного источника использовать радионуклид ^{137}Cs с E_{γ} равной 661,7 кэВ.

После завершения измерений рассчитайте временную нестабильность характеристики преобразования δ , % по формуле:

$$\delta = \frac{(\bar{E}_{i\max} - E_i)}{E_i} \cdot 100, \quad (3)$$

где E_i – положение центра тяжести линии $E_{\gamma} = 2614,5$ кэВ (661,7 кэВ в случае ^{137}Cs) в i – ом измерении (через 1, 2, 4, 8, 16, 24 ч, после включения);

$E_{i\max}$ – максимальное отклонение величин E_i от значения E_i этой величины в начале измерений, кэВ;

E_i – табличное значение энергии, кэВ.

Рассчитайте среднее положение центроиды, E_{cp} , кэВ по формуле:

$$E_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}, \quad (4)$$

где n – количество определений положений центроиды.

Рассчитайте среднеквадратичное отклонение (СКО) S положения центроиды по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E_{cp})^2}{n(n-1)}}, \quad (5)$$

Рассчитайте временную нестабильность D , % по формуле:

$$D = \frac{S}{3000 \text{кэВ} - 50 \text{кэВ}} \cdot 100, \quad (6)$$

Результаты поверки считают положительными, если значения временной нестабильности D не превышают 0,25 %.

6.3.4 Определение относительного изменения разрешения по линии 2614,5 кэВ радионуклида ^{228}Th при максимальной загрузке и относительного смещения положения пика линии 2614,5 кэВ радионуклида ^{228}Th при максимальной загрузке

Определение параметров для УСГМ проведите с помощью источника радионуклида ^{228}Th , из комплекта ОСГИ и источника радионуклида ^{137}Cs типа ИГИ-Ц-3-6, обеспечивающим при размещении его в коллиматоре скорость счета по выходу интеллектуального детектора до $5,0 \cdot 10^5 \text{с}^{-1}$.

Установите на рабочем торце корпуса ИД источник радионуклида ^{228}Th .

Включите УСГМ и через 15 минут начните набор аппаратурного спектра. Длительность экспозиции выбирается таким образом, чтобы обеспечить площадь пика с энергией 2614,5 кэВ не менее 10000 отсчетов.

По окончании времени экспозиции проведите градуировку шкалы спектрометра по трем линиям излучения $E_\gamma = 238,6 \text{кэВ}$, $E_\gamma = 583,2 \text{кэВ}$ и $E_\gamma = 2614,5 \text{кэВ}$ для источника радионуклида ^{228}Th .

С помощью базового ПО определите положение максимума пика полного поглощения (E_1), энергетическое разрешение (η_1) и площадь пика, соответствующие линии 2614,5 кэВ.

Установите ИД напротив коллиматора с источником радионуклида ^{137}Cs типа ИГИ-Ц-3-6. Расстояние между ними должно быть таким, чтобы интегральная скорость счета не превысила $5 \cdot 10^2 \text{с}^{-1}$.

Меняя расстояние между ИД и коллиматором, установите интегральную скорость счета по входу спектрометра $5,0 \cdot 10^5 \text{с}^{-1} \pm 10 \%$.

Определите положение максимума пика полного поглощения (E^1) и энергетическое разрешение (η^1), соответствующие линии 2614,5 кэВ.

Рассчитайте относительный сдвиг $\delta_E, \%$ и относительное значение изменения разрешения $\delta_\eta, \%$ при изменении входной загрузки по формулам:

$$\delta_E = \frac{|E^1 - E_1|}{\eta_1} \cdot 100 \quad (7)$$

$$\delta_\eta = \frac{|\eta^1 - \eta_1|}{\eta_1} \cdot 100 \quad (8)$$

Результаты поверки считают положительными, если значение относительного смещения положения пика не превышает 0,25% и значение изменения разрешения не превышает 7,5%.

6.3.5 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения в точечной геометрии для радионуклида ^{60}Co по линии с энергией 1332 кэВ и для радионуклида ^{137}Cs по линии с энергией 661,7 кэВ

Эталонный источник радионуклида ^{137}Cs типа ОСГИ закрепите над детектором с помощью дистанционного устройства на расстоянии 100 мм.

Проведите измерение спектра. Время набора должно обеспечить число отсчетов, зарегистрированных в пике полного поглощения линии 661,7 кэВ, не менее 10 000.

Определите число отсчетов N_i , зарегистрированных в пике полного поглощения. Указанные измерения повторить m -раз (m - не менее шести), причем перед каждым измерением переустановите источник.

Значение эффективности регистрации в пике полного поглощения ε_i , (имп/с)/Бк для данного значения энергии рассчитайте по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{N_i}{y \cdot A \cdot \tau_i \cdot e^{-0,693 \frac{t}{T_{1/2}}}} \quad (9)$$

где: A – значение активности источника (из свидетельства на источник), Бк;

$T_{1/2}$ – период полураспада, дней (лет);

t – время, прошедшее со времени аттестации, дней (лет);

τ_i – время набора спектра, с;

y – квантовый выход на распад.

Среднее значение эффективности регистрации в пике полного поглощения для данной геометрии $\bar{\varepsilon}$, (имп/с)/Бк рассчитайте по формуле:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^m \varepsilon_i}{m}, \quad (10)$$

Рассчитайте среднее квадратическое отклонение от среднего $S_{\bar{\varepsilon}}$, % по формуле:

$$S_{\bar{\varepsilon}} = \frac{1}{\bar{\varepsilon}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{m(m-1)}} \cdot 100 \quad (11)$$

Суммарную погрешность определения эффективности регистрации $\delta \bar{\varepsilon}$, % рассчитайте по формуле:

$$\delta \bar{\varepsilon} = t_g \cdot S + \delta_0, \quad (12)$$

где: t_g - коэффициент Стьюдента для заданной доверительной вероятности при определенном числе измерений ($t_g = 2,45$ для числа измерений $m = 6$ и доверительной вероятности $P=0,95$);

δ_0 – погрешность активности источника (из свидетельства о поверке), %.

Аналогично проводят измерения по эффективности регистрации излучения радионуклида ^{60}Co по энергетической линии 1332,5 кэВ.

Результаты поверки считают положительными, если значения эффективности регистрации не менее $1,8 \cdot 10^{-3}$ (имп/с)/Бк для радионуклида ^{137}Cs и не менее $0,7 \cdot 10^{-3}$ (имп/с)/Бк для радионуклида ^{60}Co .

6.3.6 Определение основной относительной погрешности измерения активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co в точечной геометрии

Измерения активности проводятся для двух источников, определяя её по линии 661,7 кэВ для источника радионуклида ^{137}Cs и по линии 1332,5 кэВ для источника радионуклида ^{60}Co .

Проведите подготовительные работы, как при измерении эффективности регистрации по п. 6.3.5 (источники на расстоянии 100 мм от рабочего торца корпуса спектрометра).

Наберите спектр источников радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co . Длительность экспозиции должна обеспечивать площадь пиков N_i (661,7 или 1332,5 кэВ) такой, чтобы статистическая ошибка $\frac{100\%}{\sqrt{N_i}}$

была менее 1/3 погрешности аттестации источника по активности.

Измеренные площади пиков 661,7 кэВ и 1332,5 кэВ пересчитайте с учетом ранее определенной эффективности регистрации в измеренную активность A_i , Бк по формуле:

$$A_i = \frac{N_i}{\varepsilon_i \cdot \tau_i \cdot e^{-0,693 \frac{t}{T_{1/2}}} \cdot y_i}, \quad (13)$$

где: ε_i – значение эффективности регистрации i -го радионуклида;
 $T_{1/2}$ – период полураспада, дней (лет);
 t – время, прошедшее со времени аттестации, дней (лет);
 τ_i – время набора спектра ("живое" время), с;
 N_i – площадь пика полного поглощения i -го радионуклида;
 y_i – квантовый выход на распад для i -го радионуклида.

Погрешность измерения активности δ_A , % определите по формуле:

$$\delta_A = \frac{|A_m - A_0| \cdot 100}{A_0} + \delta_{A_0} \quad (14)$$

где A_m - измеренное значение активности, Бк;
 A_0 - значение активности источника из свидетельства о поверке с учетом распада, Бк;
 δ_{A_0} - погрешность эталонного источника из свидетельства о поверке, %.

Результаты поверки считают положительными, если значения δ_A не превышают 20%.

6.3.7 Определение минимально измеряемой активности для радионуклида ^{137}Cs

Отградуированной по энергии шкале ИД Старк-02 поместите в свинцовый домик с толщиной стенок не менее 50 мм и в течение времени $t_0 = 3600$ с "живого времени" проведите измерение фонового излучения. С помощью ПО Sharp определите количество отсчетов N_i в зоне энергий от $E_{min} = E_\gamma - 2\sigma_\gamma$ до $E_{max} = E_\gamma + 2\sigma_\gamma$, где E_γ - энергия, соответствующая центру тяжести пика радионуклида ^{137}Cs (661,7 кэВ), а σ_γ - среднеквадратичное отклонение этой линии от математического ожидания в кэВ:

$$\sigma_\gamma = \eta_\gamma / 2,35, \quad (15)$$

где η_γ – энергетическое разрешение в кэВ (определяется согласно п. 1.3.1 руководства по эксплуатации).

Значение минимально измеряемой активности A_{min} в точечной геометрии, Бк, для линии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs , рассчитать по формуле:

$$A_{min}(t_0) = 3 \sqrt{N_i / (t_0 \cdot \varepsilon(E_\gamma) \cdot y \cdot \delta)}, \quad (16)$$

где $\varepsilon(E_\gamma)$ - эффективность регистрации квантов, соответствующих линии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs , (имп/с)/Бк;

$\delta = 0,5$ – статистическая погрешность, равная 50 %,

y – квантовый выход на распад для ^{137}Cs .

Значение $\varepsilon(E_\gamma)$ определяется по методике п. 6.3.5, образцовый радионуклидный источник фотонного излучения устанавливается на корпус интеллектуального детектора (ИД) СТАРК-02 в области его детектирующей части.

Результаты поверки считают положительными, если значения A_{min} не более 4,5 Бк.

6.3.8 Определение минимально измеряемой объемной активности и эффективности регистрации радионуклида ^{40}K в воде, в сосуде кубической формы объемом 1000 л

Отградуированной по энергии шкале ИД Старк-02 поместить в пластиковую емкость, заполненную водой. Размеры емкости: 1x1x1 м, объем 1000 л.

В течение $t_0 = 3600$ с "живого времени" провести измерение фонового излучения. Маркерами выбирается зона энергий от $E_{min} = E_K - 2\eta_K$ до $E_{max} = E_K + 2\eta_K$, где E_K - энергия, соответствующая центру тяжести пика излучения радионуклида ^{40}K (1460 кэВ), а η_K - энергетическое разрешение в кэВ по линии E_K . Определяется число отсчетов в выбранной зоне N_{Kb} и интенсивность фонового излучения $I_{Kb} = N_{Kb} / t_0, \text{ с}^{-1}$.

Создать объемную активность (ОА) путем введения имитатора - нуклида ^{40}K в виде хлорида калия по ГОСТ 4234-77 с содержанием КСl не менее 99,8%.

Масса хлорида калия $m_{\text{КСl}} = 2$ кг. Массовая доля калия в хлориде $p_K = 52,7\%$. Содержание ^{40}K в калии $\eta = 0,0117\%$. Удельная активность ^{40}K $A_m = 2,652 \cdot 10^8$ Бк/кг. Квантовый выход на распад для гамма-линии ^{40}K с энергией $E = 1460$ кэВ составляет $y_K = 0,1057$.

Провести измерение суммарной активности $I_{Ksum} = N_{Ksum} / t_0, \text{с}^{-1}$, соответствующей сумме вкладов объемной активности (ОА) $^{40}\text{К}$ и естественного гамма-фона.

Интенсивность, соответствующая ОА $^{40}\text{К}$, с^{-1} , определяется по формуле:

$$I_K = I_{Ksum} - I_{Kb}. \quad (17)$$

Эффективность регистрации энергии E_K определяется по формуле:

$$\varepsilon = I_K / (A_K \gamma_K), \quad (18)$$

где

$$A_K = m_{КСГ} \cdot p_K \cdot \eta \cdot A_m. \quad (19)$$

Минимально измеряемая активность A_{min} , Бк, определяется как

$$A_{min} = 3(I_b/t)^{1/2} / (\varepsilon \cdot \gamma_K), \quad (20)$$

где I_b - интенсивность фона под пиком с энергией E_K

Результаты поверки считают положительными, если значения A_{min} не более 10 Бк, и ε не менее $1,5 \cdot 10^{-5}$.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Положительные результаты поверки УСГМ должны оформляться путем нанесения оттиска поверительного клейма, заверенного поверителем, в разделе формуляра «Свидетельство о приемке» на УСГМ и/или путём выдачи «Свидетельства о поверке» по форме, установленной в приказе Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

7.2 УСГМ, прошедшая поверку с отрицательными результатами, к применению не допускают, оттиск поверительного клейма гасится, «Свидетельство о поверке» аннулируется, выписывается «Извещение о непригодности к применению» по форме, установленной в приказе Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

7.3 Средство измерения, несоответствующее требованиям технической документации направляют в ремонт с проведением первичной поверки после настройки.