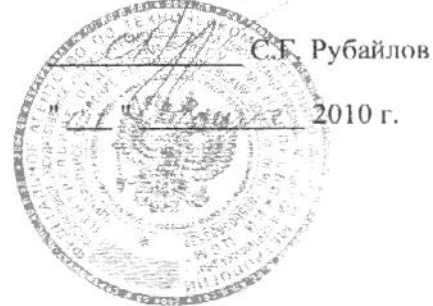


УТВЕРЖДАЮ

Зам. руководителя ГЦИ СИ,  
ФГУ «Менделеевский ЦСМ» -  
директор Центрального отделения



**КОМПЛЕКС СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ  
СКС-07П**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ТРАКТА РЕГИСТРАЦИИ  
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ СО  
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ  
АБЛК.412134.400 МП**



2010 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ .....</b>	<b>5</b>
<b>4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>5</b>
4.1. ВНЕШНИЙ ОСМОТР .....	5
4.2. ОПРОБОВАНИЕ .....	5
<b>4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.....</b>	<b>6</b>
4.3.1. Определение энергетического разрешения, диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения, предела допускаемой основной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) и эффективности регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии. ....	6
4.3.2. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики преобразования .....	7
4.3.3. Определение максимальной входной загрузки .....	8
4.3.4. Определсение погрешности измерения "живого" времени.....	8
4.3.5. Определение эффективности регистрации для неточечной геометрии .....	9
4.3.7. Определение минимальной измеряемой активности .....	10
<b>5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>11</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>12</b>
Оборотная сторона свидетельства о первичной поверке комплекса спектрометрического СКС-07П	
Оборотная сторона свидетельства о периодической поверке комплекса спектрометрического СКС-07П	

Настоящая методика распространяется на спектрометрические комплексы СКС-07П с трактом регистрации гамма-излучения на базе сцинтилляционных детекторов, предназначенные для измерения активности образцов, и устанавливает методы и средства их первичной и периодических поверок.

Межповерочный интервал – один год.

## 1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в табл.1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр	4.1	Да	Да
2. Опробование	4.2	Да	Да
3. Определение энергетического разрешения. Определение диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и предела допускаемой основной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности).	4.3.1	Да	Да
Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии	4.3.1	Да	Да
4. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики	4.3.2	Да	Да
5. Определение максимальной загрузки	4.3.3	Да	Нет
6. Определение погрешности измерения "живого" времени	4.3.4	Да	Нет
7. Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для неточечной геометрии	4.3.5	Да	Да
8. Определение погрешности измерения активности	4.3.6	Да	Да
9. Определение минимальной измеряемой активности	4.3.7	Да	Да
10. Определение контрольной скорости счета от контрольного источника	4.3.8	Да	Да

## 2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны быть применены средства, указанные в табл.2

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Наименование образцовых средства измерений, основные метрологические характеристики
1. Внешний осмотр	4.1	—
2. Опробование	4.2	Источник $^{137}\text{Cs}$ из комплекта образцовых спектрометрических гамма-источников ОСГИ ТУ 17-03-82
3. Определение энергетического разрешения. Определение диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения и предела допустимой основной погрешности характеристики преобразования. Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии	4.3.1	Источники комплекта ОСГИ ТУ17-03-82 и СОСГИ ТУ 95-1649-88. Погрешность аттестации по активности не более 3%
4. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики	4.3.2	Источники $^{241}\text{Am}$ и $^{56}\text{Co}$ -из комплекта ОСГИ ТУ 17-03-82, СОСГИ-М ТУ 95-1649-88
5. Определение максимальной входной загрузки	4.3.	Источник $^{137}\text{Cs}$ из комплекта ОСГИ ТУ 17-03-82
6. Определение погрешности измерения "живого" времени	4.3.4	Источники из комплекта ОСГИ ТУ 17-03-82
7. Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения для не точечной геометрии	4.3.5	Образцовые источники специального назначения "имитанты" объектов окружающей среды, объемные и насыпные. Погрешность аттестации по активности 5 %. Неравномерность распределения по объему не более 5 %
8. Определение погрешности измерения активности	4.3.6	Источники из комплекта ОСГИ ТУ 17-03-82, специальные источники, аттестованные в установленном порядке. Погрешность аттестации по активности не более 5 %
9. Определение минимальной измеряемой активности	4.3.7	Источники из комплекта ОСГИ ТУ 17-03-82
10. Определение контрольной скорости счета от контрольного источника	4.3.8	Контрольный источник из комплекта поставки комплекса

### 3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия: температура окружающей среды должна находиться в пределах 15-35 °С; изменение температуры окружающей среды не должно превышать  $\pm 2$  °С от среднего значения в процессе измерений; относительная влажность не более 80 %; атмосферное давление от 86 до 106 кПа; изменение номинального значения напряжения питания не должно превышать  $\pm 2$  %.

Частота следования статистически распределенных входных импульсов гамма-спектрометрического комплекса от источников гамма-излучения при определении метрологических параметров не должна превышать  $10^3$  имп/с, если иное не оговорено в соответствующем пункте методики.

3.2. Подготовку гамма-спектрометрического комплекса к поверке, работу с ним, а также с используемыми при поверке образцовыми средствами измерения проводить в соответствии с указаниями, изложенными в паспорте комплекса АБЛК.412138.403 ПС, "Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87", "Нормами радиационной безопасности НРБ-96" и инструкциями по работе на установках высокого напряжения.

### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

#### 4.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверить соответствие гамма-спектрометрического комплекса следующим требованиям:

- крепление шин заземления и сетевых вилок должно быть надежно;
- соединительные кабели не должны иметь видимых повреждений;
- комплектность комплекса должна соответствовать паспорту.

#### 4.2. Опробование

Запустить рабочую программу комплекса SBSA.EXE. В дистансерное устройство блока детектирования установить источник  $^{137}\text{Cs}$  из комплекта ОСГИ.

Изменить коэффициент усиления таким образом, чтобы амплитудный спектр от гамма-излучения 662 кэВ регистрировался примерно в середине шкалы спектрометра. Проверить возможность изменения коэффициента усиления.

Опробование комплекса проводить после истечения времени установления рабочего режима (30 мин) после подачи рабочего напряжения на детектор.

### 4.3. Определение метрологических параметров

4.3.1. Определение энергетического разрешения, диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения, предела допускаемой основной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) и эффективности регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии.

В дистансерное устройство установить источники  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{203}\text{Hg}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{56}\text{Co}$  из наборов ОСГИ и СОСГИ-М на расстоянии 25 см от крышки детектора, если иное не предусмотрено условиями измерения потребителя.

Установить коэффициент усиления таким образом, чтобы пик  $^{56}\text{Co}$  3,25 МэВ регистрировался в конце шкалы. Запустить набор на время, необходимое для набора в этом пике не менее 10000 отсчетов (допускается использовать другой набор нуклидов для рабочего диапазона потребителя; при этом в этикетке спектра установить расстояние до детектора и дату проботбора, равную дате аттестации).

Создать калибровочную библиотеку. Для этого войти в раздел меню БИБЛИОТЕКА, загрузить справочную библиотеку SBSB.LIB. В режиме создания калибровочной библиотеки копировать нуклиды, используемых при калибровке источников, вводя их активность, дату аттестации и погрешность аттестации из свидетельств. Войти в режим КАЛИБРОВКА. Загрузить созданную калибровочную библиотеку в меню режима. Произвести поиск и идентификацию пиков спектра в автоматическом или интерактивном режиме. После этого в режиме просмотра наблюдать полученные калибровочные кривые: зависимость характеристики преобразования и нелинейности, разрешения и эффективности регистрации от энергии. При необходимости исключить из калибровочных кривых резко выбивающиеся точки (например, из-за плохой статистики) или ввести дополнительные "искусственные" точки в редакторе калибровочной кривой по эффективности, если имеются участки энергетического диапазона, где недостаточно калибровочных точек, а вид кривой эффективности на этих участках очевиден (из-за плавного характера кривой).

Занести в свидетельство о поверке данные о разрешении и эффективности регистрации по измеряемым потребителем нуклидам, исходя из энергии их пиков полного поглощения и калибровочных кривых, а также значение интегральной нелинейности тракта.

Выйти из режима КАЛИБРОВКА в АНАЛИЗАТОР, сохранив при этом калибровочные данные в файле с характерным именем.

4.3.2. Определение долговременной нестабильности градуировочной характеристики преобразования

В дистансерное устройство поместить источники  $^{241}\text{Am}$  и  $^{56}\text{Co}$  (допускается использовать другой набор нуклидов, обеспечивающих регистрацию фотопиков в начале, середине и конце рабочего диапазона энергий потребителя).

Провести регистрацию их суммарного гамма-спектра. Время измерения устанавливается из условия, чтобы число отсчетов в пиках полного поглощения достигало не менее 1000 импульсов.

Не отключая спектрометр провести не менее 10 измерений в течение 24 час работы комплекса, записывая положение фотопиков энергий 59,5 кэВ, 1771,4 кэВ, 3253,5 кэВ, определяемые в режиме ОБРАБОТКА.

Рассчитать средние положения каждого фотопика по формулам (1), (2), (3):

$$\bar{n}_1 = \frac{\sum n_{1i}}{m} \quad (1)$$

$$\bar{n}_2 = \frac{\sum n_{2i}}{m} \quad (2)$$

$$\bar{n}_3 = \frac{\sum n_{3i}}{m} \quad (3)$$

а также средние квадратические отклонения для каждого фотопика S1, S2, S3 по формуле (4)

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_{ji} - \bar{n}_j)^2}{m-1}} \quad (4)$$

где m - число измерений.

Из полученных значений S<sub>j</sub> выбрать максимальное. Долговременную нестабильность характеристики преобразования вычислить по формуле (5)

$$D_t = \frac{S_{\max}}{E_{\max}} \quad (5)$$

где E<sub>max</sub> - энергия, соответствующая верхней границе шкалы комплекса и занести в свидетельство.

#### 4.3.3. Определение максимальной входной загрузки

В дистансерное устройство установить источник  $^{137}\text{Cs}$  из комплекта ОСГИ, изменяя усиление добиваются расположения пика 662 кэВ в пределах от 75 до 80 % максимального числа каналов. Удалить источник и произвести замер интенсивности фона  $N_{\text{ф}}$ . Установить источник на такое расстояние  $R_1$ , чтобы скорость счета равнялась  $N_1 = N_{\text{ф}} + 2000$  имп/с. Определить энергетическое разрешение  $Q_1$  и положение пика полного поглощения  $\Pi_1$  в режиме ОБРАБОТКА.

Установить источник на расстоянии  $R_2 = R_1 \sqrt{\frac{t}{100}}$  где  $t$  - постоянная времени формирования белящего фильтра, используемая при измерениях.

При этом обеспечивается входная загрузка  $10^5$  имп/с при  $t = 2$  мкс;  $5 \cdot 10^4$  имп/с при  $t = 4$  мкс и  $2,5 \cdot 10^4$  имп/с при  $t = 8$  мкс.

Смещение положения фотопика не должно превышать 5 %, а энергетическое разрешение не должно увеличиваться более, чем на 20 %.

#### 4.3.4. Определение погрешности измерения "живого" времени

В дистансерное устройство устанавливают источник  $^{137}\text{Cs}$  из набора ОСГИ. Изменяя усиление, добиваются расположения пика 662 кэВ в пределах 75-80 % максимального числа каналов. Установить входную загрузку менее  $10^3$  имп/с. Произвести регистрацию гамма-спектра в течение времени, необходимого для накопления в пике полного поглощения более  $10^4$  отсчетов. Определить интенсивность пика полного поглощения  $I_1$ .

Произвести установку в дистансерное устройство дополнительного источника  $^{57}\text{Co}$  при неизменном положении источника  $^{137}\text{Cs}$ . При помощи перемещения источника  $^{57}\text{Co}$  установить входную загрузку  $10^4$  имп/с. Произвести регистрацию суммарного спектра за то же самое "живое" время, как и в первом измерении. Определить интенсивность пика полного поглощения  $I_2$ .

Относительная погрешность измерения "живого" времени, в процентах, рассчитать по формуле (6):

$$\Delta T = \frac{I_1 - I_2}{I_1} * 100 \quad (6)$$



Результаты поверки считаются удовлетворительными, если  $\Delta T$  не превышает 2 %.

#### 4.3.5. Определение эффективности регистрации для неточечной геометрии

Для измерения эффективности регистрации в неточечной геометрии используют образцовые источники специального назначения (ОИСН). Технология изготовления ОИСН должна обеспечивать равномерное распределение радионуклидов в веществе источника и гарантировать его сохранность. ОИСН должен быть аттестован по удельной активности (Бк/г) каждого входящего в его состав радионуклида. Общая активность ОИСН должна находиться в диапазоне  $10^2$ - $10^4$  Бк.

Состав ОИСН согласуется с пользователем и должен служить имитантом радиоактивной загрязненности определенного объекта (почвы, воды, растительности и т.д.) или пищевых продуктов.

ОИСН заданной формы и размеров установить на определенном, согласованном с пользователем расстоянии от торца детектора, и произвести регистрацию спектра. При этом в этикетке спектра указать вес и объем образца, а также дату пробоотбора, равную дате аттестации.

Определение эффективности регистрации производить аналогично описанному в п 4.3.1.

Если потребитель планирует производить измерения образцов с различной плотностью, калибровку следует проводить, используя два источника ОИСН одинакового нуклидного состава, но различной плотности (например, 0,8 и 2). После создания калибровочных файлов необходимо вызвать процедуру определения КОРРЕКЦИИ ПЛОТНОСТИ, указав имена двух калибровочных файлов, по которым будет производиться процедура интерполяции характеристики поглощения по энергии.

#### 4.3.6. Определение погрешности измерения активности DA (интенсивности внешнего излучения DN).

##### 4.3.6.1. Для определения погрешности DA(DN) использовать образцовые источники с известным содержанием активности $A_0$ конкретного нуклида или с внешним излучением $N_0$ . Измерение этого параметра проводить в зависимости от задач, решаемых при помощи поверяемого комплекса, в точечной или неточечной геометрии. Измерение проводить для двух значений активности, определяющих диапазон измерений по активности. Если этот диапазон не оговорен пользователем, то рекомендуется в качестве нижнего предела выбирать активность в 10 раз выше нижнего предела измерения

активности, а в качестве верхнего предела - активность, обеспечивающую максимальную входную загрузку. Проводить измерение активности по методике пользователя поверяемого комплекса.

4.3.6.2. Погрешность измерения активности определять по формуле (7):

$$D_A = \frac{|A_{и} - A_0|}{A_0} + D_{A_0} \quad (7)$$

где  $A_0$ ,  $D_{A_0}$  - значение активности и погрешность аттестации образцового источника;

$A_{и}$  - измеренное значение активности.

4.3.6.3. Определение погрешности измерения интенсивности внешнего излучения  $D_N$  производить по крайней мере для трех энергий гамма-излучения: в начале, середине и в конце энергетического диапазона.

В качестве погрешности  $D_N$  принимается максимальное значение отношения, определяемого по формуле (8):

$$D_N = \max \left| \frac{N_{и}(E_i) - N_0(E_i)}{N_0(E_i)} + DN_0(E_i) \right| \quad (8)$$

где  $N_0(E_i)$ ,  $D_0(E_i)$  - значение интенсивности внешнего гамма-излучения с энергией  $E_i$  и погрешность аттестации образцового источника;

$N_{и}(E_i)$  - измеренное значение интенсивности внешнего гамма-излучения.

4.3.6.4. Результаты поверки считаются удовлетворительными, если  $D_A(D_N)$  не превышает 10 % для точечной и 30 % для неточечной геометрии.

4.3.7. Определение минимальной измеряемой активности

4.3.7.1. Загрузив применяемую пользователем калибровочную характеристику, произвести измерения фона за 1 час. Если используется неточечная геометрия, измерение фона следует производить, поместив в измеряемую геометрию образец с неактивным материалом соответствующей плотности (дистиллированная вода и т.п.).

Обработать спектр фонового измерения и вывести в отчет список неидентифицированных нуклидов. Значение минимальной измеряемой активности по всем нуклидам, присутствующим в применяемой библиотеке будет выведено в таблице неопознанных нуклидов.

4.3.8. Определение контрольной скорости счета от контрольного источника

4.3.8.1. В дистансерное устройство установить контрольный источник, входящий в комплект поставки комплекса на расстоянии 25 см. от крышки детектора. Произвести накопление и обработку спектра. Занести в свидетельство данные о положении и интенсивности счета по фотопику контрольного источника.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Результаты государственной первичной (периодической) поверок оформляются выдачей свидетельства установленной формы, которое заполняется в соответствии с приложениями А и Б.

5.2. Результаты поверки оформляют в порядке, установленном ведомственной метрологической службой.

5.3. Комплекс, не удовлетворяющий требованиям настоящей методики, к выпуску и применению не допускают и на него выдают извещение о непригодности с указанием причин.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОБОРОТНАЯ СТОРОНА СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПЕРВИЧНОЙ ПОВЕРКЕ  
КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО  
СКС-07П

Результаты исследований

Наименование метрологической характеристики	Действительное значение метрологической характеристики
Энергетическое разрешение по линии _____ кэВ (нуклид) по линии _____ кэВ (нуклид)	Задается в определённых точках энергетического диапазона
Диапазон энергий регистрации гамма-излучения	
Интегральная нелинейность градуировочной характеристики	
Максимальная загрузка, изменение разрешения, сдвиг пика полного поглощения	
Погрешность измерения "живого" времени	
Эффективность регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона или коэффициентами полинома описываемого ГХЭ
Погрешность эффективности регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона или как погрешность построения ГХЭ
Эффективность регистрации в пике полного поглощения для неточечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона или коэффициентами полинома, описываемого ГХЭ
Погрешность эффективности регистрации в пике полного поглощения для неточечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона или как погрешность построения ГХЭ
Погрешность измерения активности	
Минимальная измеряемая активность	
Контрольная скорость счета и положение фотопика	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОБОРОТНАЯ СТОРОНА СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКЕ  
КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО СКС-07П

Результаты исследований

Наименование метрологической характеристики	Действительное значение метрологической характеристики
Энергетическое разрешение по линии _____ кэВ (нуклид) по линии _____ кэВ (нуклид)	Задается в определённых точках энергетического диапазона
Диапазон энергий регистрации гамма-излучения	
Интегральная нелинейность	
Долговременная нестабильность градуировочной характеристики	
Эффективность регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона
Эффективность регистрации в пике полного поглощения для неточечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона или коэффициентами полинома, описываемого ГХЭ
Погрешность эффективности регистрации в пике полного поглощения для точечной геометрии	Задается в определённых точках энергетического диапазона
Погрешность измерения активности	
Минимальная измеряемая активность	
Контрольная скорость счета и положение фотопика	