

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

И. о. генерального директора ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

ЗАМЕСТИТЕЛЬ  
ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА  
КРИВЦОВ Е.И.  
ДОВЕРЕННОСТЬ №28/2021  
ОТ 17. МАЯ 2021

А.Н. Пронин

17 апреля 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Спектрометры энергии гамма-излучения с функцией  
визуализации полей гамма-излучения Polaris-N**

Методика поверки

МП 2102-012-2021

Руководитель отдела измерений  
ионизирующих излучений

С.Г. Трофимчук

Руководитель сектора

С.М. Аршанский

Санкт-Петербург  
2021 г.

### Общие положения

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на спектрометры энергии гамма-излучения с функцией визуализации полей гамма-излучения Polaris-H (далее по тексту – спектрометры), предназначенные для измерений энергетического распределения гамма-излучения и идентификации гамма-излучающих радионуклидов, для экспрессной оценки расположения источников излучения с визуализацией на совмещенном видеоизображении, для индикации мощности дозы и вклада в мощность дозы излучения от каждого обнаруженного изотопа, а также для измерения активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах и объектах (при наличии соответствующих градуировок и аттестованных методик измерений).

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки.

Поверка проводится методом прямых измерений величин, воспроизводимых эталоном, и обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственному первичному эталону ГЭТ 6-2016.

Первичной поверке подлежат спектрометры до ввода в эксплуатацию и выпускаемые в обращение после ремонта.

Периодической поверке подлежат спектрометры, находящиеся в эксплуатации.

*Примечание.* При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

*Примечание.* Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин. Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных измерительных блоков из состава СИ и на меньшем числе диапазонов измерений.

### 1. Перечень операций поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.  
Таблица 1 – Операции при проведении поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование	7	да	да
3 Подтверждение соответствия ПО	8	да	да
4 Определение метрологических характеристик:	9	да	да
4.1 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение основной абсолютной погрешности характеристики преобразования (ИНЛ)	9.1	да	да
4.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида $^{137}\text{Cs}$ с энергией 661,7 кэВ	9.2	да	да
4.3 Определение относительной эффективности регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ (Co-60) в пике полного поглощения	9.3	да	да



Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
5 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10	да	да
6 Оформление результатов поверки	11	да	да

## 2 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25
- атмосферное давление, кПа от 86,0 до 106,7
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80

## 3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области спектрометрии ионизирующих излучений, изучившие руководство по эксплуатации и допущенные к поверке СИ в установленном порядке.

## 4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

4.2 Все эталоны и средства измерений (СИ) должны быть исправны и иметь действующие свидетельства об аттестации или о поверке.

4.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

Таблица 2

Номер пункта методики	Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
9.3	Рабочий эталон 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений активности, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2841 – источник радионуклидный закрытый фотонного излучения эталонный ОСГИ-РТ (рег. № 74005-19) на основе радионуклида $^{60}\text{Co}$	Активность от 10 до 1000 кБк, погрешность не более $\pm 6\%$ .
9.1 9.2	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ (рег. № 74005-19) на основе радионуклидов $^{137}\text{Cs}$ , $^{241}\text{Am}$ , $^{88}\text{Y}$ , $^{152}\text{Eu}$ и $^{228}\text{Th}$	Активность от 1 до 1000 кБк
9.1 9.2 9.3	Устройство позиционирования для размещения радионуклидных источников в определенных (фиксированных) положениях относительно входного окна детектора	Конструкция произвольная. Диапазон расстояний от входного окна детектора от 0 до 250 мм
9.3	Линейка измерительная по ГОСТ 427-75	Диапазон от 0 до 300 мм; цена деления 1 мм
2	Термометр	Диапазон измерений от 0 до +40 °С Цена деления 1 °С

Номер пункта методики	Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
2	Барометр-анероид	Диапазон измерений от 80 до 106 кПа Погрешность не более 3 %
2	Психрометр аспирационный	Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 10 до 100 %, Абсолютная погрешность не более 5 %

### 5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10, Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523-09, Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, действующих инструкций по мерам безопасности в поверочной лаборатории, а также требования безопасности, изложенные в соответствующих разделах технической документации на средства поверки и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

5.2 К работе должны привлекаться только сотрудники, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

### 6 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- наличие ЭД и (при периодической поверке) наличие записи о предыдущей поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений;
- соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям ЭД в объеме, необходимом для проведения поверки;
- наличие и сохранность маркировок на корпусе спектрометра;
- отсутствие на спектрометре загрязнений, механических повреждений, влияющих на его работоспособность.

### 7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией (далее – ЭД) на спектрометр.

7.2 Спектрометр и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с ЭД на них.

7.3 Провести опробование средства измерений:

7.3.1 Выполнить в соответствии с руководством по эксплуатации включение спектрометра (см. разделы 5.2 и 5.3 РЭ). На планшете будет отображаться экран подачи напряжения. Затем (примерно через 1,5 минуты) планшет отобразит интерфейс реального времени (см. Руководство пользователя по программному обеспечению реального времени, Раздел 2). По наличию показаний убедиться в работоспособности спектрометра.

### 8 Проверка программного обеспечения средства измерений

Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) спектрометра включает:

- проверку наличия и соответствия идентификационных наименований и номеров версий программных модулей ПО;
- проверку цифровых идентификаторов (контрольная сумма исполняемого кода) программных модулей ПО.



Комплектность и идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, приведенным в Описании типа (таблица 3).



Таблица 3 – Идентификационные данные ПО, приведенные в описании типа.

Идентификационные данные (признаки)	Значения		
	Встроенное	Автономное	Автономное
Наименование ПО	Polaris	H3DVisualizer	SpectrumHero
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2019060414	2.7.13-0 <sup>1)</sup>	0.3 <sup>1)</sup>
Цифровой идентификатор ПО	недоступен	2E82B91DFB598BCB53366B2B0E2FB60F <sup>2)</sup>	928C423C5AEA7F1BA37BBFA841CBE633 <sup>2)</sup>
Алгоритм получения цифрового идентификатора	-	MD5	

<sup>1)</sup> Номер версии ПО не ниже указанного в таблице.  
<sup>2)</sup> Контрольная сумма относится к версии ПО, указанной в таблице.

Номер версии встроенного ПО отображается в его пользовательском интерфейсе (см. Руководство пользователя по программному обеспечению реального времени, Раздел 2 «Стандартный интерфейс»). Нужно нажать (1) кнопку «Меню настроек» , выбрать (2) вкладку версии  (см. рис. 1).

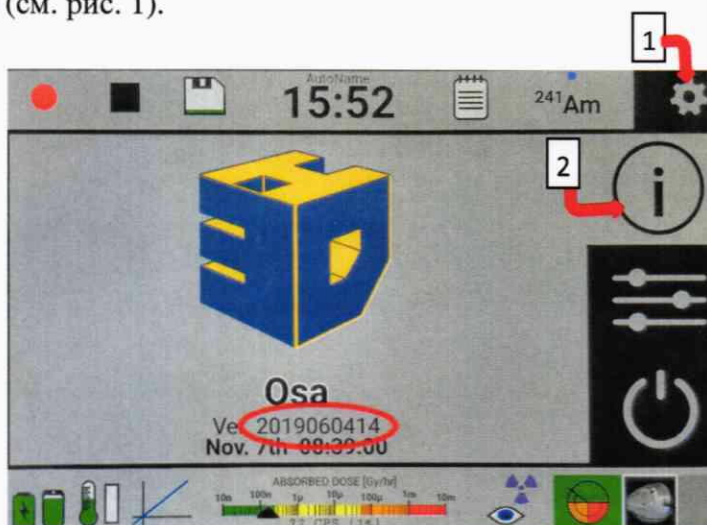


Рисунок 1 - Отображение версии встроенного программного обеспечения.

Наименование и номер версии автономного ПО H3DVisualizer отображается в главном меню программы H3DVisualizer (кнопки Help-About).

Наименование и номер версии автономного ПО SpectrumHero отображается в главном меню программы SpectrumHero (кнопки Справка-О программе).

Контрольные суммы для исполняемых файлов ПО H3DVisualizer.exe и SpectrumHero.exe рассчитываются по алгоритму MD5 при помощи стандартной программы MD5 File Checker (либо аналогичной). Примеры отображения номеров версий и цифровых идентификаторов автономных ПО приведены на рисунках 2 и 3.

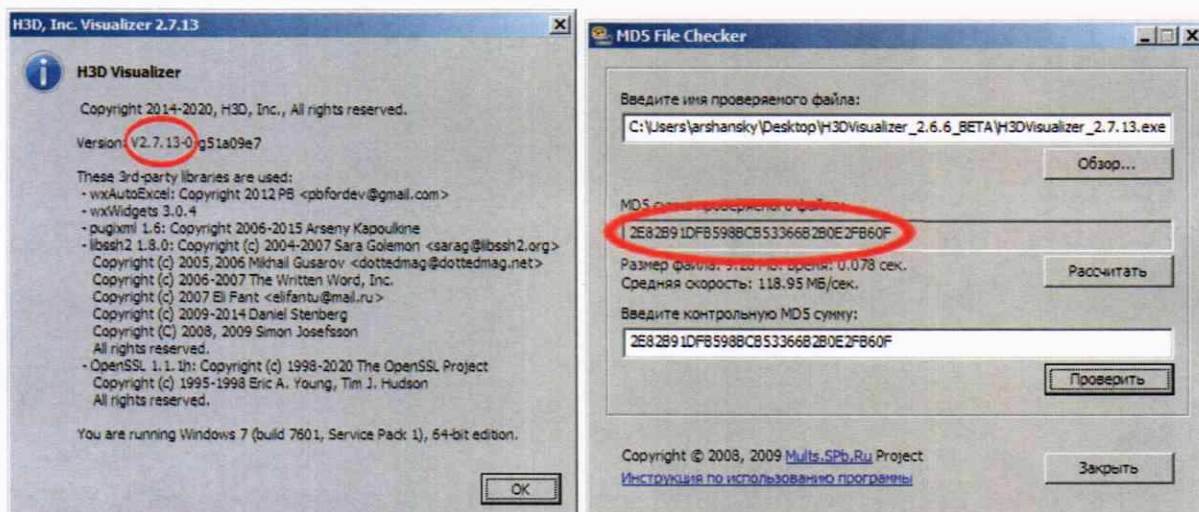


Рисунок 2 - Отображение версии и цифрового идентификатора ПО H3DVisualizer.

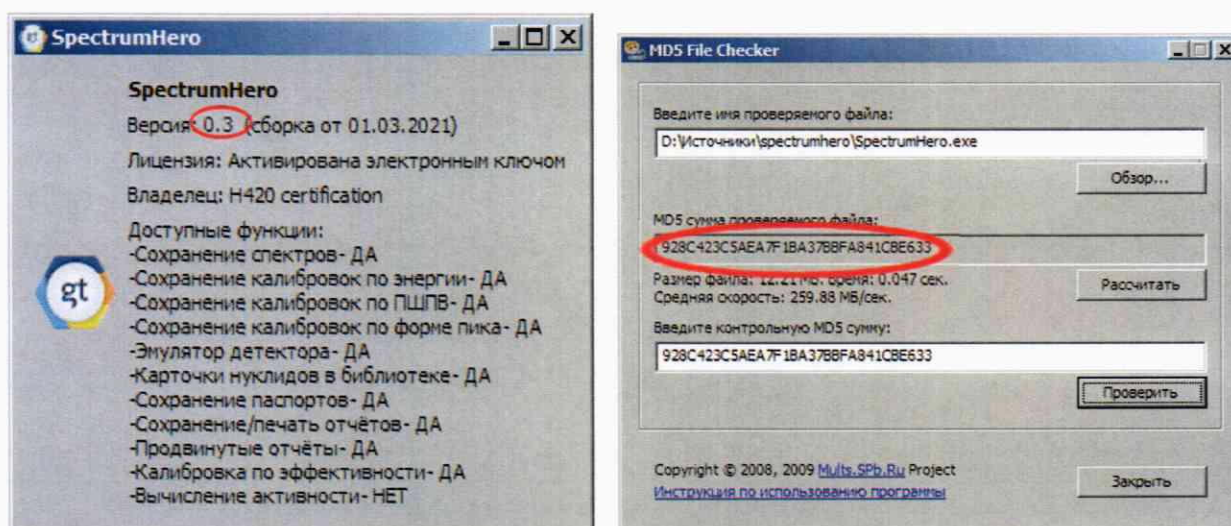


Рисунок 3 - Отображение версии и цифрового идентификатора ПО SpectrumHero.

Определенные при первичной поверке номера версий и цифровых идентификаторов встроенного и автономных ПО указывают на обратной стороне свидетельства.

При периодической поверке соответствие подтверждается сравнением номеров версий и цифровых идентификаторов со значениями, указанными в свидетельстве о предыдущей поверке.

При несоответствии номеров версий и цифровых идентификаторов, за исключением случаев официальной замены производителем программного обеспечения, выдается извещение о непригодности.

В случае официального обновления производителем Polaris-H программного обеспечения определенные при периодической поверке обновленные идентификационные данные (номера версий и цифровые идентификаторы) заносят в свидетельство о поверке.

## 9 Определение метрологических характеристик средства измерений

### 9.1 Определение абсолютной погрешности характеристики преобразования (ИНЛ).

9.1.1 Проверку проводить в соответствии с разделом 4 документа ГОСТ 26874-86 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерения основных параметров». Для измерений использовать спектрометрические источники фотонного излучения типа ОСГИ на основе радионуклидов  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{152}\text{Eu}$  и  $^{228}\text{Th}$ . Для определения погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности) использовать



энергетические линии (кэВ) 59,5 ( $^{241}\text{Am}$ ), 121,8 ( $^{152}\text{Eu}$ ), 344,2 ( $^{152}\text{Eu}$ ), 778,9 ( $^{152}\text{Eu}$ ), 898,0 ( $^{88}\text{Y}$ ), 1408,0 ( $^{152}\text{Eu}$ ), 1836,0 ( $^{88}\text{Y}$ ) и 2614,5 ( $^{228}\text{Th}$ ). Допускается при испытании использование других радионуклидных источников, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 26874-86 п. 4.5.

9.1.2 Активность радионуклидных источников и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра не превышала 5000 имп/с, а число импульсов в каждом пике не менее  $10^4$ . Источники излучения помещаются в (на) устройство позиционирования на оси детектора.

9.1.3 Выполнить последовательно измерения спектров источников, указанных в п. 9.1.1.

9.1.4 В каждом измеренном спектре определить положение пиков  $n_i$  соответствующих  $i$ -тым энергиям гамма-квантов с помощью входящего в комплект поставки спектрометра ПО SpectrumHero. Методом наименьших квадратов, используя экспериментальные значения положения пиков  $n_i$  и соответствующие им справочные данные энергий гамма-квантов  $E_{0i}$ , определяют характеристику преобразования спектрометра в виде линейной зависимости  $E=A \cdot n+B$ .

9.1.5 По полученной характеристике преобразования рассчитывают экспериментальные значения энергий  $E_i$ , соответствующие положениям пиков  $n_i$ , сравнивают их с энергиями  $E_{0i}$  и определяют отклонения по формуле:

$$\Delta E_i = E_i - E_{0i}$$

9.1.6 За абсолютную погрешность характеристики преобразования принимают максимальное отклонение от линейной характеристики  $(\Delta E_i)_{\max}$ .

9.1.7 Результаты проверки по п. 9.1 считаются положительными, если в диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения от 50 до 3000 кэВ полученное значение абсолютной погрешности характеристики преобразования не превышает  $\pm 2$  кэВ.

9.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения с энергией 661,7 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ .

9.2.1 Проверку проводить соответствии с ГОСТ 26874-86 пп.3.3.7, 3.3.8 с использованием спектрометрического источника фотонного излучения типа ОСГИ на основе радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ .

9.2.2 Активность радионуклидного источника и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была не более 1000 имп/с, а число импульсов в пике с энергией 661,7 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ) не менее  $10^4$ . Источник излучения помещается в (на) устройство позиционирования на оси детектора.

9.2.3 Обработку спектров и определение энергетического разрешения по линиям гамма-излучения с энергией 661,7 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ) и 1332,5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) (ПШПВ, %) проводить с помощью входящего в комплект поставки спектрометра ПО SpectrumHero.

9.2.4 Результаты проверки по п. 9.2 считаются положительными, если энергетическое разрешение по линии гамма-излучения 661,7 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  не превышает для моделей групп исполнения спектрометра НХУ0 R08, НХУ0 R11 (НХУ0) и НХУ14 значений 0,8 %, 1,1 % и 1,4 % соответственно.

9.3 Определение относительной эффективности регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) в пике полного поглощения.

9.3.1 Определение проводить соответствии с ГОСТ 26874-86 пп.3.3.7, 3.3.8 с использованием рабочего эталона 2 разряда - источника радионуклидного закрытого фотонного излучения эталонного ОСГИ-РТ на основе радионуклида  $^{60}\text{Co}$ .

9.3.2 Установить эталонный источник ОСГИ с радионуклидом  $^{60}\text{Co}$  на устройство позиционирования на расстоянии 250 мм от поверхности входного окна детектора на его оси.

9.3.3 Активность радионуклидного источника и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была не более 5000 имп/с, а число импульсов в пике с энергией 1332,5 кэВ не менее  $10^4$ . Провести 10 измерений.

9.3.4 В каждом спектре определить (с помощью входящего в комплект поставки спектрометра ПО SpectrumHero) скорость счета гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ в пике полного поглощения (ППП)  $n_i$ .

9.3.5 Определить эффективность регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ в ППП по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{n_i}{A \cdot \eta}, \text{ имп./квант}$$

где:  $n_i$  – скорость счета в ППП, имп./с;

$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$  – активность источника на момент измерения, Бк;

$A_0$  – активность источника на момент аттестации, Бк;

$\lambda$  – постоянная распада источника, сут $^{-1}$ ;

$t$  – время с момента аттестации, сут;

$\eta$  – вероятность эмиссии гамма-квантов на распад, отн.ед.

9.3.6 Вычислить среднее значение эффективности регистрации по выполненным измерениям:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i}{m}, \text{ имп./квант}$$

где  $\varepsilon_i$  – результат  $i$ -го наблюдения;

$m$  – число наблюдений.

9.3.7 Определить относительную эффективность регистрации детектора в процентах как отношение определенной по п. 9.3.6 эффективности испытываемого детектора к эффективности регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ в пике полного поглощения стандартного детектора NaI (3x3 дюйма) при той же геометрии измерения (0,0012 имп./квант) по формуле:

$$\xi = \frac{\bar{\varepsilon}}{0,0012} \cdot 100 \%$$

9.3.8 Результаты проверки по п. 9.3 считаются положительными, если полученное значение относительной эффективности  $\xi$  не менее:

- Н100 и Н110	0,5
- Н400 и Н420	1,5

## 10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Результат поверки признают положительным, если операции по п.п. 9.1 – 9.3 выполнены с положительными результатами

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

11.2 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

11.3 По заявлению владельца поверяемого спектрометра или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки оформляются свидетельством о поверке по установленной форме.



Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

- метрологические характеристики прибора, определенные при поверке: диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, абсолютную погрешность характеристики преобразования (ИНЛ), относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  с энергией 661,7 кэВ.
- номера версий и цифровые идентификаторы программного обеспечения.

11.4 Прибор, не прошедший поверку, к обращению не допускается. Сведения о непригодности должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке. По заявлению владельца на прибор выдают извещение о непригодности по установленной форме. Свидетельство о предыдущей поверке на прибор, не прошедший периодическую поверку, аннулируют.

Приложение А  
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки  
**Протокол поверки**  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Наименование прибора, тип:

Заводской номер:

Регистрационный номер в Федеральном  
информационном фонде по обеспечению  
единства измерений:

Заказчик:

Серия и номер знака предыдущей поверки  
(если имеются):

Дата предыдущей поверки:

Вид поверки \_\_\_\_\_

Наименование нормативного документа при поверке \_\_\_\_\_

Условия поверки

Параметры	Требования НД	Измеренные значения

Средства поверки (наименование эталона и его регистрационный номер, тип и заводские  
номера средств измерений, применяемых при поверке) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Вспомогательные СИ

Наименование	Тип	Зав. номер	Дата поверки
Термометр			
Психрометр аспирационный			
Барометр-анероид			



**1 Внешний вид:**

Внешний вид, комплектность, маркировка *соответствует (не соответствует)* требованиям технической документации.

Внешние повреждения прибора *отсутствуют (присутствуют)*.

Вывод: результаты проверки: *положительные (отрицательные)*.

**2 Опробование**

Прибор *работоспособен (не работоспособен)*.

Сообщения об ошибках *отсутствуют (имеются; указать содержание)*.

Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

**3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)**

Идентификационные данные (признаки)	Значения		
	Встроенное	Автономное	Автономное
Наименование ПО	Polaris	H3DVisualizer	SpectrumHero
Номер версии (идентификационный номер) ПО			
Цифровой идентификатор ПО	недоступен		

Результаты подтверждения соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

**4 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение абсолютной погрешности характеристики преобразования (ИНЛ).**

$\Delta E_{\text{макс}}$ , кэВ	Требования НД	Измеренное значение
		Не более 2

Результаты проверки диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение абсолютной погрешности характеристики преобразования *положительные (отрицательные)*.

**5 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  с энергией 661,7 кэВ.**

Относительное энергетическое разрешение по линии 661,7 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$ , %	Требования НД	Измеренное значение
		Не более для НХУ0 R08 – 0,85 НХУ0 R11 (НХУ0) – 1,1 НХУ0 R14 – 1,4

Результаты определения относительного энергетического разрешения *положительные (отрицательные)*.

**6 Определение относительной эффективности регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) в пике полного поглощения**

Относительная эффективность регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) в пике полного поглощения, %	Требования НД	Измеренное значение
		Не менее для Н100 (Н110) – 0,5 Н400 (Н420) – 1,5

Результаты определения относительной эффективности регистрации гамма-квантов с энергией 1332,5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) в пике полного поглощения *положительные (отрицательные)*.

**Вывод:** результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

Спектрометр энергии гамма-излучения с функцией визуализации полей гамма-излучения Polaris-H № \_\_\_\_\_ *годен (не годен)* к применению.

**Выдано свидетельство о поверке № (извещение о непригодности №)**

**Дата поверки:**

**Поверитель**