ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.1035— 2024 (ИСО 8769:2020)

ИСТОЧНИКИ РАДИОНУКЛИДНЫЕ АЛЬФА-, БЕТА- И ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЙ

Технические требования к эталонам для калибровки, поверки приборов контроля радиоактивного загрязнения поверхности (мониторов)

(ISO 8769:2020, Measurement of radioactivity — Alpha-, beta- and photon emitting radionuclides — Reference measurement standard specifications for the calibration of surface contamination monitors, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 марта 2024 г. № 307-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 8769:2020 «Измерение активности радионуклидов. Альфа-, бета- и фотонное излучение. Требования к исходным эталонам для калибровки мониторов поверхностного загрязнения» (ISO 8769:2020, «Measurement of radioactivity — Alpha-, beta- and photon emitting radionuclides — Reference measurement standard specifications for the calibration of surface contamination monitors», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом. При этом в него не включены абзацы примененного международного стандарта, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с особенностями передачи единиц активности и потока частиц и фотонов, регламентируемой государственной поверочной схемой.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые элементы настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Введение

Радиоактивное загрязнение поверхностей (далее — поверхностное загрязнение) может быть результатом диффузии или утечки радиоактивного вещества из *негерметизированных открытых* радионуклидных источников, а также нарушения *герметичности* закрытых радионуклидных источников. Поверхностное загрязнение может привести к распространению радиоактивного загрязнения, потере контроля качества и возникновению следующих опасностей для здоровья:

a) внешнего воздействия излучения на части тела вблизи загрязненной поверхности;

b) внутреннего облучения за счет проникновения в организм радиоактивного вещества с загрязненной поверхности.

Мониторинг поверхностного загрязнения является одним из важнейших направлений деятельности в области радиационной безопасности (см. [1]). Поверхностное загрязнение количественно определяется активностью *радионуклидов, приходящейся* на единицу площади поверхности. Допустимые уровни поверхностного загрязнения определяются с учетом эквивалентных доз облучения или пределов поступления (см. [2] и [3]). Значения допустимых уровней включены в соответствующие национальные и международные нормативные документы в области мониторинга поверхностного загрязнения.

Разработка настоящего стандарта обусловлена необходимостью установления технических требований к эталонам, применяемым *для калибровки и поверки приборов контроля* радиоактивного загрязнения поверхности *(далее — мониторы поверхностного загрязнения).*

В нормативных документах поверхностное загрязнение рассматривается как активность радионуклидов на единицу площади поверхности, тогда как применяемые при мониторинге приборы предназначены для измерений потока заряженных частиц или фотонов, испускаемых с поверхности, а не активности радионуклидов на поверхности. Реальные поверхности обладают разными поглощающими и рассеивающими свойствами для ионизирующих излучений, поэтому невозможно установить простую связь между *потоком* заряженных частиц или фотонов с поверхности и активностью радионуклидов на этой поверхности. Для калибровки и *поверки* мониторов поверхностного загрязнения применяют эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов или эталоны активности радионуклидов. Способы использования этих эталонов зависят от особенностей национального законодательства в области обеспечения единства измерений в разных странах (см. [4]).

Калибровка и *поверка* приборов в единицах активности радионуклидов для поверхностей, исследуемых при мониторинге, зависят от следующих факторов:

- радионуклидного состава и соотношения контролируемых радионуклидов;
- характера поверхности;
- глубины и профиля распределения радионуклидов в пределах поверхности;
- влияния толщины входного окна прибора;
- расстояния между входным окном прибора и поверхностью.

Получение соответствующих калибровочных коэффициентов для активности радионуклидов является очень сложным процессом, который выходит за рамки данного документа. Соответствующее руководство по этому вопросу содержится в [5]. Однако ориентировочная оценка активности радионуклидов в источнике требуется для общих целей радиационной безопасности, таких как обращение с радионуклидными источниками, проверка на утечку, экранирование, упаковка и транспортировка. Это общий вопрос для всех радионуклидных источников независимо от их предполагаемого использования, и поэтому в настоящем документе специально он не рассматривается.

Прослеживаемость эталонов к международным эталонам или национальным эталонам устанавливается национальной системой передачи единиц.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИСТОЧНИКИ РАДИОНУКЛИДНЫЕ АЛЬФА-, БЕТА- И ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЙ

Технические требования к эталонам для калибровки, поверки приборов контроля радиоактивного загрязнения поверхности (мониторов)

Radionuclide sources of alpha-, beta- and photon radiation.
Technical requirements to standards for the calibration, verification
of surface radioactive contamination monitoring devices (monitors)

Дата введения — 2024—03—30

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет технические характеристики эталонов, имеющих прослеживаемость к национальным эталонам и применяемых для калибровки, *поверки* мониторов поверхностного загрязнения. Стандарт распространяется на *эталоны* потока альфа-, бета-частиц и фотонов — *радионуклидные источники большой площади на основе* альфа-, бета-излучающих радионуклидов и радионуклидов, распад которых сопровождается испусканием фотонов с максимальной энергией не более 1,5 МэВ *(далее — эталоны)*.

В настоящем стандарте не описаны процедуры, связанные с использованием этих эталонов для калибровки и поверки мониторов поверхностного загрязнения. Такие процедуры приведены в [6], [7], а также могут быть установлены в соответствующих методиках калибровки и поверки.

Примечание — Некоторые из эталонов — источники фотонного излучения —*могут содержать* фильтры и должны применяться как эталоны *потока* фотонов с энергией в определенном диапазоне, а не как эталоны *потока* альфа-, бета-частиц и фотонов конкретного радионуклида. Например, с поверхности фильтра, установленного на источник ^{241}Am, не испускаются альфа-частицы или характеристические низкоэнергетические L-рентгеновские фотоны, сопровождающие альфа-распад ^{241}Am. Такой эталон применяется как эталон *потока фотонов* со средней энергией примерно 60 кэВ.

В настоящем стандарте также указаны рекомендуемые диапазоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов и активности радионуклидов в источниках большой площади, применяемых для калибровки мониторов поверхностного загрязнения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ 8.033 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который

Издание официальное

дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [*8*], [*9*], а также следующие термины с соответствующими определениями:

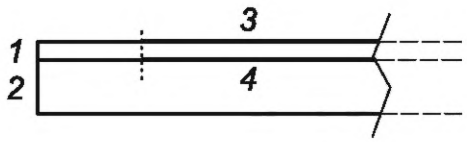
3.1 **внешнее излучение [поток частиц или фотонов] источника:** Число частиц или фотонов с энергией выше установленного порога, вылетающих с поверхности источника или проходящих через окно источника за секунду.

3.2 **неопределенность:** Стандартная неопределенность (k = 1), если не заявлено иное.

Примечание — Требования к учету неопределенностей приведены в [*10*].

3.3 **рабочая область источника:** Вертикальная проекция активной области источника (область источника, на которую нанесено радиоактивное вещество) на лицевую сторону источника.

Примечание — Чертеж поперечного сечения источника с фильтром представлен на рисунке 1.



1 — фильтр; *2* — подложка; *3* — рабочая область; *4* — активная область источника

Рисунок 1 — Чертеж поперечного сечения источника с фильтром

3.4 **самопоглощение источника:** Поглощение излучения внутри материала самого источника.

3.5 **толщина слоя насыщения источника, изготовленного из однородного радиоактивного материала:** Толщина радиоактивного материала источника, равная максимальному пробегу заряженных частиц.

3.6 **эффективность прибора:** Отношение числа зарегистрированных импульсов за секунду (за вычетом числа зарегистрированных импульсов радиационного фона за секунду) к потоку частиц или фотонов от измеряемого источника (число частиц или фотонов, испускаемых за секунду) в заданной геометрии.

Примечание — Эффективность прибора зависит от измеряемого радионуклида, площади источника и площади входного окна детектора.

4 Прослеживаемость эталонов

Обеспечение прослеживаемости рабочих эталонов *2-го разряда*, используемых для калибровки мониторов поверхностного загрязнения, к *государственному первичному эталону (ГПЭ)* осуществляется документальным подтверждением передачи единиц потока частиц или фотонов (далее — поток) рабочим эталонам *2-го разряда* от *вторичных и рабочих эталонов 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС)*.

Вторичный эталон потока — эталон, *единица потока которому передана от ГПЭ* в национальном или международном институте метрологии.

Рабочий эталон потока 1-го разряда — эталон, *единица потока которому передана методом прямых измерений с помощью вторичных эталонов — радиометрических установок — или методом компаратора с помощью вторичных эталонов — радионуклидных источников*.

Для разных радионуклидов национальные метрологические институты по своему усмотрению применяют методы и установки *из состава ГПЭ*, с помощью которых они могут *аттестовать вторич-*

ные эталоны, поверить средства измерений в качестве вторичных эталонов, выполнить *калибровку* с показателями точности, соответствующими требованиям к вторичным эталонам.

Примечание — Для тех стран, которые подписали Соглашение о взаимном признании (MRA) (см. [*11*]), сертификаты калибровки взаимно признаются действительными для величин, диапазонов и неопределенностей измерений (см. [*11*], приложение С).

Активность радионуклидов и *поток* альфа-, бета-частиц и фотонов вторичных эталонов измеряются абсолютными методами с использованием, например, проточного пропорционального безоконного детектора. Процедуры калибровки для определения активности приведены, например, в [*12*] — [*15*].

Организации, занимающиеся испытаниями *с целью утверждения типа средств измерений,* калибровкой и поверкой приборов, которые будут использоваться для контроля поверхностного загрязнения, должны иметь в своем распоряжении подходящие *вторичные или рабочие эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов*. Рабочие эталоны *2-го разряда,* предназначенные для калибровки и поверки мониторов поверхностного загрязнения, не следует путать с *контрольными* источниками, которые предназначены только для проверки работы мониторов.

Если рабочий эталон *2-го разряда* используется в приспособлении или в определенной геометрии, *радиометрическая установка для передачи единицы потока этому эталону* должна иметь соответствующую калибровку. В некоторых случаях рабочий эталон *2-го разряда* может сниматься с приспособления для измерений обычным способом.

5 Технические *требования к эталонам*

5.1 Общие положения

Различают эталоны на основе следующих типов источников:

a) *источники, изготовленные по технологии нанесения радиоактивного вещества на одну сторону подложки из электропроводящего материала или инкорпорирования радионуклида в подложку (с одной стороны)*; толщина материала подложки должна быть *по возможности* достаточной для предотвращения излучения через тыльную часть источника;

b) источники, состоящие из слоя материала, в котором радионуклид распределен равномерно, толщина слоя материала не должна превышать толщину слоя насыщения.

Источники фотонов должны иметь фильтры в соответствии с таблицей 1.

Для измерений *потока альфа-, бета-частиц* и *фотонов* необходимо установить пороговое значение, соответствующее минимальной энергии регистрируемых альфа-, бета-частиц и фотонов. Для регистрации бета-частиц пороговое значение должно соответствовать энергии фотона, равной 590 эВ (0,1 от энергии рентгеновского излучения ^{55}Mn, сопровождающего распад ^{55}Fe). Для регистрации альфа-частиц порог устанавливают выше уровня электронного шума устройства. Для регистрации фотонов порог должен быть ниже пика полного поглощения фотонов и комптоновской части спектра.

Для альфа-, бета-излучающих радионуклидов самопоглощение в материале самого источника может быть довольно существенным. Это приводит к *изменению* спектра альфа-, бета-излучения с рабочей поверхности источника и может повлиять на измерения с помощью оконных устройств.

Эталоны должны соответствовать назначению; изготовитель несет ответственность за определение радиоактивных примесей и предоставление информации о них в объеме, необходимом для гарантии того, что любые примеси не оказывают влияния на использование эталона. Как минимум, должны быть определены и представлены все радиоактивные примеси с активностью не менее 1 % от активности основного радионуклида.

Для эталонов, которые могут содержать радиоактивные примеси, необходимо учитывать, что относительная активность примесей меняется со временем и может оказывать значительное влияние на *поток* альфа-, бета-частиц и фотонов.

Таблица 1 — Технические характеристики дополнительных фильтров для источников — эталонов потока фотонов

Приблизительная средняя энергия фотонов[a], кэВ	Радионуклид	Период полураспада, сутки	Материал фильтра [b]	Толщина фильтра
5,9	^{55}Fe	$1{,}00 \cdot 10^3$	Нет	—

Окончание таблицы 1

Приблизительная средняя энергия фотонов[a], кэВ	Радионуклид	Период полураспада, сутки	Материал фильтра [b]	Толщина фильтра
16	^{238}Pu	$3{,}20 \cdot 10^4$	Цирконий	0,05 мм 32,5 мг·см$^{-2}$
32	^{129}I	$5{,}88 \cdot 10^9$	Алюминий	0,3 мм 81 мг·см$^{-2}$
60	^{241}Am	$1{,}58 \cdot 10^5$	Нержавеющая сталь	0,25 мм 200 мг·см$^{-2}$
124	^{57}Co	272	Нержавеющая сталь	0,25 мм 200 мг·см$^{-2}$
660	^{137}Cs	$1{,}10 \cdot 10^4$	Нержавеющая сталь	1 мм 800 мг·см$^{-2}$
1250	^{60}Co	$1{,}93 \cdot 10^3$	Алюминий	0,3 мм 81 мг·см$^{-2}$

Примечание 1 — Источники с дополнительными фильтрами являются эталонами потока фотонов с определенной энергией, а не эталонами потока определенного радионуклида.

Примечание 2 — В большинстве случаев ^{60}Co испускает два совпадающих во времени фотона с угловой корреляцией между ними. Следует учитывать этот факт при использовании калибровки ^{60}Co для других энергий или нуклидов.

[a] Приблизительная средняя энергия фотона равна $(\Sigma n_i \cdot E_i)/\Sigma n_i$, где n_i — число испускаемых фотонов с энергией E_i.

[b] В настоящем стандарте принимают следующий состав нержавеющей стали: 72 % Fe, 18 % Cr, 10 % Ni.

5.2 *Вторичные эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов*

5.2.1 *Общие* технические требования

Для соответствия техническим требованиям, указанным в настоящем стандарте, источники, являющиеся *вторичными* эталонами потока альфа-, бета-частиц и фотонов, должны быть плоскими, подложка источника должна быть из электропроводящего материала, радиоактивный материал следует наносить на одну сторону подложки или включать в ее состав таким образом, чтобы свести к минимуму самопоглощение излучения в материале источника и обеспечить электропроводность по всей активной поверхности источника.

Активная площадь — не менее 10^4 мм^2; рекомендуемые размеры: 100 × 100 мм, 100 × 150 мм и 150 × 200 мм.

Источник должен максимально соответствовать идеальному «тонкому» источнику (см. [6]). Однако для альфа-излучающих и низкоэнергетических бета-излучающих радионуклидов самопоглощение может быть довольно существенным. Обеспечение электропроводности необходимо для корректной работы безоконных пропорциональных счетчиков. Рекомендуемый материал подложки — алюминий толщиной 3 мм, для источников $^{106}Ru/^{106}Rh$ толщину необходимо увеличить до 4,6 мм. Толщина материала подложки должна быть в пределах ±10 % от значения, указанного в *паспорте на источник*. Рекомендуется, чтобы нерабочая часть подложки выступала не менее чем на 10 мм за пределы активной области источника.

Некоторые эталоны потока фотонов должны включать фильтры, указанные в таблице 1. Фильтр, как правило, должен быть неотъемлемой частью источника и не должен быть съемным. Назначение фильтров описано в приложении А. Площадь фильтра должна быть такой, чтобы он выступал не менее чем на 10 мм за пределы активной области источника. Толщина фильтра должна быть в пределах ±10 % от значения, указанного в таблице 1.

Источники, являющиеся эталонами потока альфа-, бета-частиц и фотонов, должны иметь *паспорт*, содержащий следующую информацию:

- радионуклид.

Примечание — Значения периода полураспада и другие текущие значения ядерных данных приведены в [*15*];

- идентификационный номер источника;
- *поток* альфа-, бета-частиц и фотонов и *погрешность*/неопределенность;
- активность радионуклида и *погрешность*/неопределенность;
- примеси с активностью не менее 1 % от активности основного радионуклида;
- дату, принятую за исходную для приведения характеристик;
- активную площадь: ее расположение и размер;
- материал, толщину, плотность и размеры подложки;
- тип, толщину, плотность и размеры фильтра (если он есть);
- равномерность распределения радиоактивного вещества и *погрешность*/неопределенность.

Изготовители могут принять решение предоставить дополнительную информацию, например глубину активного слоя. Маркировка на самом источнике должна включать радионуклид и идентификационный номер источника.

5.2.2 Активность радионуклидов и *поток* альфа-, бета-частиц и фотонов

Активность радионуклида в источнике, *который является вторичным эталоном потока альфа-, бета-частиц и фотонов,* должна быть такой, чтобы обеспечивать *поток* в диапазоне от 2000 $с^{-1}$ до 10 000 $с^{-1}$ для оптимальных условий измерений с учетом фона, статистической неопределенности и мертвого времени детектирующих устройств. Активность радионуклидов в источнике необходимо определять с относительной стандартной неопределенностью или средним квадратическим отклонением (СКО), не превышающими 10 %. *Поток* должен быть измерен национальным метрологическим институтом с относительной *стандартной* неопределенностью *или средним квадратическим отклонением, не превышающими* 2 %.

Периодичность аттестации вторичных эталонов, поверки источников в качестве эталонов, калибровки источников определяются в соответствии с требованиями национальных законодательных документов в области обеспечения единства измерений.

Примечание — Периодичность может различаться в разных странах и зависит от особенностей государственного регулирования в области обеспечения единства измерений.

5.2.3 Равномерность

Равномерность распределения радиоактивного вещества по активной поверхности источника (далее — равномерность источника), %, вычисляется по формуле

$$\left(1 - \frac{\sigma_n}{n}\right) \cdot 100, \qquad (1)$$

где σ_n — СКО потока от частей, на которые условно разбит источник, $с^{-1}$;

n — среднее значение потока от частей, на которые условно разбит источник, $с^{-1}$.

Равномерность источников, *являющихся вторичными* эталонами, должна быть более 90 %. Для определения равномерности источника (относительно потока на единицу площади) источник считается состоящим из ряда частей одинаковой площади и формы. Для прямоугольного источника форма частей должна быть идентична форме его активной области. Площадь одной части — не более 10 $см^2$. Для рекомендуемых размеров (см. 5.2.1) источник с активной площадью 100 × 100 мм и 100 × 150 мм должен быть разделен на 16 прямоугольных частей (4 × 4), а источник размером 150 × 200 мм должен быть разделен на 36 прямоугольных частей (6 × 6).

Значения *потока* отдельных частей необходимо определять с относительной неопределенностью или СКО, которые должны соответствовать неопределенности или СКО, указанной для всего эталона в 5.2.2 и 5.3.2. Эти неопределенности или СКО должны учитываться при расчете стандартного отклонения или СКО определения равномерности (см. [*12*]).

Равномерность возможно измерить с использованием технологии запоминающих пластин, позиционно-чувствительными измерительными системами или методом маски между источником и детектором. Маска должна иметь отверстия соответствующего размера и обеспечивать достаточное экранирование детектора.

В тех случаях, когда площадь окна детектора *больше*, чем активная площадь источника, допускается отказаться от требований подробной информации о равномерности, интегрально охарактеризовав поток рабочей части источника, которая соответствует входному окну детектора.

5.2.4 Радионуклиды

Источники, *являющиеся вторичными эталонами потока,* должны быть изготовлены, если это возможно, из любого из радионуклидов, указанных в таблице 1, таблице 2 и таблице 3. Данные о распаде, приведенные в этих таблицах, предназначены только для ориентировочной информации. Данные по *аттестации эталонов, поверке* и калибровке источников *приведены в* [*16*].

В таблице 2 и таблице 3 указаны категории «предпочтительные» и «возможные альтернативы». Предпочтительные радионуклиды выбираются с учетом их общедоступности, подходящей длительности периода полураспада, высокой удельной активности и энергий альфа-, бета-частиц и фотонов, соответствующих требуемому диапазону для определения метрологических характеристик мониторов поверхностного загрязнения.

Источники из категории «возможные альтернативы» могут вызывать такие проблемы, как необходимость их регулярной замены по причине:

- относительно коротких периодов полураспада;
- низкой удельной активности;
- испускания дополнительного нежелательного излучения;
- сложности обеспечения достаточной радиоактивной чистоты.

Таблица 2 — Альфа-излучающие радионуклиды

Радионуклид	Период полураспада, сутки	Максимальная энергия электронов, кэВ	Примечания
Предпочтительные			
^{241}Am	$1{,}58 \cdot 10^{5}$	5544	—
^{230}Th	$2{,}75 \cdot 10^{7}$	4688	—
^{239}Pu	*$8{,}80 \cdot 10^{6}$*	*5157*	—
Возможные альтернативы			
^{238}Pu	$3{,}20 \cdot 10^{4}$	5499	—

Таблица 3 — Бета-излучающие радионуклиды

Радионуклид	Период полураспада, сутки	Максимальная энергия электронов, кэВ	Примечания
Предпочтительные			
^{14}C	$2{,}08 \cdot 10^{6}$	156	В зависимости от процесса изготовления источников могут потребоваться более частая повторная *аттестация эталонов, поверка и* калибровка источников из-за возможного изотопного обмена с углеродом в атмосфере
^{99}Tc	$7{,}72 \cdot 10^{7}$	294	—
^{36}Cl	$1{,}10 \cdot 10^{8}$	710	—
^{90}Sr/^{90}Y	$1{,}05 \cdot 10^{4}$(^{90}Sr) 2,67 (^{90}Y)	546 (^{90}Sr) 2280 (^{90}Y)	Если требуется только высокоэнергетическое бета-излучение от ^{90}Y, то необходим фильтр 130 мг·см$^{-2}$, но это приводит к значительному ухудшению спектра излучения ^{90}Y
^{106}Ru/^{106}Rh	372 (^{106}Ru) 0,00035 (^{106}Rh)	39 (^{106}Ru) 3546 (^{106}Rh)	Относительно короткий период полураспада
Возможные альтернативы			
^{147}Pm	958	224	Относительно короткий период полураспада

Окончание таблицы 3

Радионуклид	Период полураспада, сутки	Максимальная энергия электронов, кэВ	Примечания
^{204}Tl	$1{,}38 \cdot 10^3$	764	Приблизительно 3 % распадов происходят в результате электронного захвата, сопровождаемого рентгеновским излучением с энергией от 70 до 90 кэВ
^{60}Co	$1{,}93 \cdot 10^3$	317	Не является «чистым» бета-излучателем. Испускает фотоны с энергией 1173 и 1332 МэВ
^{3}H	$4{,}50 \cdot 10^3$	19	В зависимости от характера производственного процесса могут потребоваться более частая повторная *аттестация эталонов, поверка и* калибровка источников из-за возможного изотопного обмена с H в атмосфере
^{63}Ni	$3{,}61 \cdot 10^4$	67	—
Примечание 1 — Наиболее часто используемые приборы для определения поверхностного загрязнения не предназначены для обнаружения ^{3}H или ^{63}Ni. Обнаружение этих радионуклидов обычно требует специальных детекторов, и эталоны на основе этих радионуклидов обычно не применяются для поверки и калибровки стандартных мониторов поверхностного загрязнения. Примечание 2 — Обычно для *калибровки и поверки* мониторов поверхностного загрязнения используют набор эталонов потока бета-частиц, которые охватывают контролируемый диапазон энергий. Как правило, набор включает ^{14}C, ^{36}Cl и ^{90}Sr/^{90}Y.			

5.3 *Рабочие эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов 1-го разряда*

5.3.1 Общие требования

Рабочие эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов 1-го разряда должны соответствовать тем же общим требованиям, которые установлены для *вторичных* эталонов. Источники, являющиеся *рабочими эталонами 1-го разряда,* должны быть маркированы той же информацией, что и источники, являющиеся *вторичными* эталонами, и должны иметь *паспорт* в соответствии с 5.2.1.

5.3.2 Активность и поток *альфа-, бета-частиц и фотонов*

Эталон потока альфа-, бета-частиц и фотонов *1-го разряда* должен соответствовать требованиям *ГПС* к диапазону потока альфа-, бета-частиц и фотонов и соответствующим показателям точности. Активность *не является метрологической характеристикой эталона потока альфа-, бета-частиц и фотонов* и должна быть указана *с погрешностью (P = 0,95)* [относительной *расширенной (k = 2)* неопределенностью], не превышающей 20 %. *Поток* альфа-, бета-частиц и фотонов эталона 1-го разряда определяется с помощью вторичных эталонов — *радиометрических установок методом прямых измерений или идентичных радионуклидных источников методом компаратора с погрешностью (P = 0,95)* [относительной расширенной *(k = 2)* неопределенностью], не превышающей 5 %.

Периодичность аттестации вторичных эталонов, поверки радионуклидных источников в качестве эталонов, калибровки радионуклидных источников определяются в соответствии с требованиями национальных законодательных документов в области обеспечения единства измерений.

5.3.3 Равномерность

Равномерность источников — *эталонов* потока альфа-, бета-частиц и фотонов *1-го разряда* должна соответствовать тем же требованиям, что и для *вторичных эталонов* (см. 5.2.3).

5.3.4 Радионуклиды

Источники — эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов *1-го разряда* должны быть *изготовлены* из тех же радионуклидов, которые предусмотрены для *вторичных* эталонов в соответствии с 5.2.4.

5.4 Рабочий *эталон потока альфа-, бета-частиц и фотонов 2-го разряда*

5.4.1 Общие требования

Общие требования к рабочим эталонам потока альфа-, бета-частиц и фотонов *2-го разряда приведены ниже:*

a) рабочие эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов *2-го разряда* должны быть представлены в достаточном количестве и разных размеров, чтобы удовлетворить потребности по поверке и калибровке мониторов поверхностного загрязнения;

b) источники должны быть маркированы аналогично источникам — *вторичным* эталонам и *эталонам 1-го разряда* — и должны иметь *паспорт в соответствии с 5.2.1.* В паспорте может быть приведено подробное описание геометрии, для которой используется эталон;

c) рабочие эталоны *2-го разряда* должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать ежедневное обращение;

d) при отсутствии противоречивых требований рабочие эталоны потока альфа-, бета-частиц и фотонов *2-го разряда* должны соответствовать требованиям, установленным для эталонов в 5.3.

5.4.2 Активность и поток *альфа-, бета-частиц и фотонов*

Активность рабочих эталонов потока альфа-, бета-частиц и фотонов указывает изготовитель с *погрешностью (P = 0,95)* [относительной *расширенной (k = 2)* неопределенностью], не превышающей 20 %.

Поток альфа-, бета-частиц и фотонов эталонов *2-го* разряда определяется с помощью вторичных эталонов или эталонов *1-го разряда — радиометрических установок методом прямых измерений или радионуклидных источников методом компаратора с погрешностью (P = 0,95)* [относительной *расширенной (k = 2)* неопределенностью], не превышающей *7* %.

Периодичность аттестации вторичных эталонов, поверки радионуклидных источников в качестве эталонов, калибровки радионуклидных источников определяются в соответствии с требованиями национальных законов, законодательных документов в области обеспечения единства измерений.

5.4.3 Равномерность

Равномерность источников — рабочих эталонов потока *2-го разряда* должна быть такой же, как указано для эталона *1-го* разряда. В случае, если при повторной *аттестации эталона, поверке и* калибровке радионуклидных источников обнаруживается значительное изменение потока альфа-, бета-частиц или фотонов, не связанное с периодом полураспада, требуется повторное измерение равномерности.

5.4.4 Радионуклиды

Источники должны быть изготовлены из радионуклидов, испускающих альфа/бета-частицы и фотоны, которые могут потребоваться *для испытаний, поверки и калибровки мониторов поверхностного загрязнения.*

6 Устройства для передачи *единицы потока* (*радиометрические установки и компараторы*)

6.1 Устройства для передачи единицы потока альфа-, бета-частиц

Устройства для измерений потока альфа-, бета-частиц должны иметь эффективность регистрации более 35 % в диапазоне энергий, указанном в настоящем документе. Устройства должны быть предназначены для измерений источников площадью до 100 × 150 мм. Рекомендуемым типом устройства является газопроточный безоконный пропорциональный счетчик с регулируемой подачей газа.

В качестве компаратора рекомендуется применять устройства со сцинтилляционными детекторами.

6.2 Устройства для передачи единицы потока фотонов

Устройства должны иметь следующие характеристики:

- высокая эффективность регистрации фотонов;
- стабильность;
- низкий собственный фон.

Для разных диапазонов энергий фотонов используют разные устройства.

Пропорциональные счетчики большой площади с подходящим газовым наполнением подходят для измерений потоков фотонов с низкой энергией. Сцинтилляционные детекторы, такие как NaI(Tl), подходят для фотонов с более высокой энергией.

Приложение А
(справочное)

Особенности эталонов потока электронов с энергией менее 0,15 МэВ и фотонов с энергией менее 1,5 МэВ

Радионуклиды, распадающиеся путем электронного захвата и изомерных переходов, могут испускать излучения разных типов, включая электроны внутренней конверсии, Оже-электроны, характеристическое рентгеновское излучение (например, от K, L, M… атомных оболочек), а также гамма-излучение. Для этих, в основном низкоэнергетических и, следовательно, менее проникающих, типов излучения соотношение между потоком и активностью очень сильно зависит от конструкции источника (или характера загрязненной поверхности). Кроме того, спектры испускаемых электронов могут иметь значительные искажения из-за энергетических потерь.

Использование фильтров на источниках — эталонах потока фотонов — приводит к угловой коллимации, при которой количество фотонов, испускаемых нормально к поверхности, больше, чем количество фотонов, испускаемых под косыми углами. Таким образом, угловое распределение излучения эталона может отличаться от излучения загрязненной поверхности. По аналогичным причинам излучение с загрязненной поверхности может быть анизотропным.

Использование фильтров требуется, в частности, для удаления нежелательных излучений, таких как альфа-излучение, бета-излучение или излучение электронов. Следует отметить, что фильтр для ослабления излучения фотонов приводит к испусканию вторичных электронов. Такие электроны имеют низкую энергию, и вероятность их вылета не велика, но этот эффект следует учитывать.

Источники, испускающие электроны и фотоны, имеют следующие особенности, которые необходимо учитывать:

- определение *потока* потребует измерений как электронного, так и фотонного излучения;
- *поток* и спектр электронов с низкой энергией сильно зависит от конструкции источников;
- если эталоны испускают оба типа излучения, но определяется только поток фотонов, то для данного нуклида калибровочный коэффициент, полученный для монитора загрязнения, детектирующего оба типа излучения, потребует знания эффективности регистрации фотонов и электронов.

Назначение фильтров состоит в устранении следующего нежелательного излучения нуклидов:

^{129}I бета-излучение и другие низкоэнергетические излучения;

^{241}Am альфа-излучение и характеристическое L-рентгеновское излучение;

^{57}Co характеристическое K-рентгеновское излучение, а также фотоны и электроны более низких энергий;

^{137}Cs бета-излучение, электроны и характеристическое K-рентгеновское излучение;

^{60}Co бета-излучение.

Библиография

[1] IAEA, Practical Radiation Technical Manual: Workplace monitoring for radiation and contamination, IAEA-PRTM-1 (Rev. 1), Vienna, 2004
(МАГАТЭ, Практическое радиационно-техническое руководство: Мониторинг радиации и загрязнения на рабочем месте, IAEA-PRTM-1 (Rev. 1), Вена, 2004 г.)

[2] ICRP Publication 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Ann. ICRP, 21, Nos 1-3, Elsevier, Amsterdam, 1990
(МКРЗ Публикация 60, Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите, Ann. ICRP, 21, № 1-3, Эльзевир, Амстердам, 1990)

[3] ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection — Ann. ICRP 37 (2-4). Elsevier, Amsterdam, 2007
(Публикация МКРЗ 103, Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите за 2007 год — Ann. ICRP 37 (2-4). Эльзевир, Амстердам, 2007)

[4] National Physical Laboratory, Measurement Good Practice Guide No.14, The Examination, Testing & Calibration of Portable Radiation Protection Instruments, NPL, Measurement Good Practice Guide No.14
(Национальная физическая лаборатория, Руководство по надлежащей практике измерений № 14, Экспертиза, тестирование и калибровка портативных приборов радиационной защиты, NPL, Руководство по надлежащей практике измерений № 14)

[5] ИСО 7503 (все части) Измерение радиоактивности. Измерение и оценка поверхностного загрязнения
(Measurement of radioactivity — Measurement and evaluation of surface contamination)

[6] МЭК 60325:2002 Измерительная аппаратура защиты от излучения. Измерительные приборы и измерители-сигнализаторы (мониторы) для определения альфа-, бета- и альфа/бета (энергия бета-излучения > 60 кэВ) загрязненности
(Radiation protection instrumentation. Alpha, beta and alpha/beta (beta energy >60 kev) contamination meters and monitors)

[7] МЭК 62363:2008 Защита от радиационного излучения. Переносные счетчики и мониторы фотонного загрязнения
(Radiation protection instrumentation — Portable photon contamination meters and monitors)

[*8*] ИСО 12749-2:2022 Ядерная энергия, ядерные технологии и радиологическая защита. Словарь. Часть 2. Радиологическая защита
(Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection — Vocabulary — Part 2: Radiological protection)

[*9*] МЭК 60050-395:2014 Международный электротехнический словарь. Часть 395. Ядерная измерительная аппаратура. Физические явления, основные положения, инструменты, системы, оборудование и детекторы
(International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 395: Nuclear instrumentation — Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors)

[*10*] Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM:1995)
(Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement)

[*11*] Comite international des poids et mesures, Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology.
(Международный комитет по стандартам и измерениям, взаимное признание национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выданных национальными метрологическими органами)

[*12*] Nahle O., Kossert K. Appl. Radiat. Isot. 2012, 70, pp. 2018—2024

[*13*] Janssen H., Klein R. Nucl. Instrum. Methods. 1994, A339, pp. 318—321

[*14*] Janssen H., Klein R. Nucl. Instrum. Methods. 1996, A369, pp. 552—556

[*15*] Burgess P.H., Iles W.J. Radiat. Prot. Dosimetry. 1983, 5 (2), pp. 125—130

[*16*] DDEP, Decay Data Evaluation Project, gost.e-ecolog.ru (21/04/2019)

УДК 539.1.07:006.354 ОКС 17.240

Ключевые слова: источники радионуклидные, эталоны, поверка, калибровка, поверхностное загрязнение

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 18.03.2024. Подписано в печать 21.03.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru