

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНОЙ
ПРАВОВОЙ БАЗЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЕДИНСТВА
ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ И
ВЫРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЕЕ
ГАРМОНИЗАЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ**

**А.С. Дойников, А.П. Жанжора, О.И. Коваленко, В.П. Тенишев,
Ф.И., Храпов, Л.В. Юров**

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.,
tenishev@vniiftri.ru

В работе рассмотрены документы Международной организации законодательной метрологии, Международной организации по стандартизации, Международной организации по аккредитации лабораторий, нормативно-правовой базы РФ, государств-членов ЕАЭС, стран БРИКС, ЕС в области обеспечения единства измерений в части стандартных образцов радиационночувствительных материалов. Проведен анализ положений нормативно-правовой базы РФ в части стандартных образцов в рамках выполнения работ по совершенствованию нормативной правовой базы РФ в области обеспечения единства измерений по стандартным образцам.

Изучен опыт государств-членов ЕАЭС, стран БРИКС, ЕС, особые требования к стандартным образцам радиационных материалов, утверждению типа, производству, применению, информационному обеспечению. Показано, что применение международных документов в области СО должно основываться на положениях руководящих документов, стандартах, директивах, регламентах. Рассмотрены особенности отнесения материалов к стандартным образцам или мерам.

The documents of the International Organization of Legal Metrology, the International Organization for Standardization, the International Organization for Laboratory Accreditation, the regulatory and legal framework of the Russian Federation, the EEU member states, the BRICS and EU countries in the field of ensuring the uniformity of measurements with respect to standard samples of radiation-sensitive materials are considered. The analysis of the provisions of the regulatory and legal framework of the Russian Federation in the field of standard samples within the framework of the works for improving the regulatory legal framework of the Russian Federation in the field of ensuring the uniformity of measurements on standard samples is carried out.

The experience of the EEU member states, the BRICS and EU countries, special requirements for standard samples of radiation materials, type approval, production, application, information support has been studied. It is shown that the application of international documents in the field of SO shall be based on the provisions of the governing documents, standards, directives, regulations. The features of reference of materials to standard samples or measures are considered.

Ключевые слова: Стандартные образцы, меры, радиационные материалы, дозиметры, национальные стандарты, метрологическое обеспечение, радиационные материалы.

Введение

Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов нашли широкое распространение в метрологической практике и особенно при измерениях состава веществ и материалов, представляя собой важнейшее средство в цепочке прослеживаемости результатов измерений. Стандартные образцы (СО) занимают ключевое место в химических, физико-химических и других видах измерений, обеспечивая их единство, сопоставимость. Являясь одним из доступных и эффективных средств передачи единицы величины, СО широко используются в лабораториях разных стран. В условиях необходимости повышения точности измерений, в условиях глобализации международной торговли, повышения требований к качеству и безопасности продукции требования к стандартным образцам существенно возрастают. Актуальными вопросами в области применения стандартных образцов являются:

- метрологическая прослеживаемость СО;
- компетентность изготовителей СО;
- взаимозаменяемость и коммутативность СО;
- обеспечение потребности лабораторий в СО;
- гармонизация требований к СО с международными требованиями;
- особые требования к образцам радиационных материалов;
- особенности стандартных образцов свойств вещества.

1 Анализ положений международных документов по обеспечению единства измерений, устанавливающих особые требования к стандартным образцам радиационных материалов, их утверждению типа, производству, применению, информационному обеспечению

1.1. Документы Международной организации законодательной метрологии по стандартным образцам

В рамках ТК3/ПК3 МОЗМ разработан международный документ Д 18 «Применение сертифицированных стандартных образцов в сферах, на которые распространяется метрологический контроль, осуществляемый национальными службами законодательной метрологии. Основные положения».

В этом документе впервые от имени МОЗМ предложены рекомендации по разработке законодательных требований к стандартным образцам (СО), применяемым в сферах, на которые распространяется метрологический контроль, осуществляемый национальными службами законодательной метрологии. В число законодательных требований к СО включены и сформулированы метрологические, технические и административные требования. Другим важным разделом рассматриваемого документа является установление принципов и методов проведения метрологического контроля соответствия

СО установленным законодательным требованиям.

1.2. Документы Международной организации по стандартизации по стандартным образцам

Руководство ISO Guide 30:2015. Стандартные образцы. – Некоторые термины и определения.

Руководство ISO Guide 31:2015. Содержание сертификатов стандартных образцов, этикеток и сопроводительной документации.

Руководство ISO Guide 33:2015. Стандартные образцы. – Надлежащая практика применения стандартных образцов.

Руководство ISO Guide 34:2009. Общие требования к компетентности изготовителей стандартных образцов.

В ISO Guide 34:2009 установлены общие требования, согласно которым производителю стандартных образцов необходимо продемонстрировать, что он выполняет необходимые операции, если он хочет быть признан компетентным в производстве стандартных образцов. Документ предназначен для применения производителями стандартных образцов при разработке и внедрении систем менеджмента качества на их предприятиях, а также для использования органами аккредитации, сертификации и другими органами, занимающимися оценкой компетентности производителей стандартных образцов.

Руководство ISO Guide 35:2006. Стандартные образцы. - Общие и статистические принципы аттестации.

ISO Guide 35 предлагает специальные руководящие указания по определению вкладов в неопределенность, возникающих при использовании стандартных образцов, включая нестабильность, неоднородность и размер выборки, при этом рассматривается несколько вариантов. Это может привести к различным интерпретациям, полученным на основании GUM и ISO Guide 35, и поэтому калибровочные/референтные лаборатории и производители стандартных образцов, аккредитованные органами - членами ИЛАК, могут указывать неопределенность измерений несогласованными способами.

1.3. Документы Международной организации по аккредитации лабораторий по стандартным образцам

ILAC-G12:2000. Руководство по оценке компетентности производителей стандартных образцов (ILAC-G12:2000 Guidelines for the Requirements for the Competence of Reference Materials Producers).

Руководство разработано для оценки компетентности производителей стандартных образцов с целью возможного последующего установления принятых на международном уровне критериев. Руководство разработано на

основе следующих основных принципов:

а) Оно распространяется как на производителей СО, так и на производителей аттестованных СО. Дополнительные требования установлены для производителей аттестованных СО (АСО), потому что, по определению, такие СО требуют аттестованных значений их характеристик, обеспечивающих прослеживаемость к эталонам единиц, в которых они выражены и также требуют, чтобы каждому аттестованному значению приписывалась неопределенность с установленным уровнем доверительной вероятности.

б) Существует много различных условий для производства и установления значений характеристик СО. Эти этапы, необходимые для создания СО, могут выполняться как одной организацией, так и несколькими, выполняющими отдельные функции. Эти этапы могут включать, например, планирование, приготовление материала, оценку однородности и стабильности, испытание (соответствующей компетентной лабораторией), установление значений характеристики их неопределенностей, упаковку, маркировку и распределение СО.

1.4. Документы нормативной правовой базы РФ по обеспечению единства измерений по стандартным образцам, устанавливающие особые требования к стандартным образцам радиационных материалов

Основным нормативным документом правовой базы РФ по обеспечению единства измерений по стандартным образцам, применяемым в области использования атомной энергии, в том числе по стандартным образцам радиационных материалов, в котором установлены метрологические требования, является документ «Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии» (утвержден приказом Госкорпорации «Росатом» от 31.10.2013г. №1/10-НПА, зарегистрирован в Минюсте России 27.02.2014 г. №31442) (далее – метрологические требования).

Метрологические требования к стандартным образцам, применяемым при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии:

1. Для метрологического обеспечения измерений, которые отнесены федеральными органами исполнительной власти к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в соответствии с частью 5 статьи 5 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» (далее закон №102-ФЗ), должны применяться стандартные образцы утвержденных типов.

2. Для метрологического обеспечения измерений, которые не отнесены федеральными органами исполнительной власти к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в соответствии с частью 5 статьи 5 закона №102-ФЗ применяются стандартные образцы утвержденных типов или аттестованные объекты, для которых установлены значения одной и более величин, характеризующих состав, структуру или свойства реальных объектов измерений.

Аттестованные объекты включают:

аттестованные вещества, материалы и изделия – вещества, материалы и изделия, состав, структура и свойства которых имеют аналогичное влияние на результаты измерений, как и объекты измерений; метрологическое назначение веществ, материалов и изделий аналогично назначению стандартных образцов, но они не соответствуют понятию «стандартный образец»;

образы объектов – нематериальные объекты (файлы), являющиеся носителями информации о свойствах реальных объектов;

образцы для контроля качества результатов испытаний – образцы изделий, для которых установлены ожидаемые результаты их испытаний и соответствующие характеристики погрешности, применяемые для контроля правильности воспроизведения режима испытаний;

аттестованная смесь – смесь двух или более веществ (материалов), приготовленных по документированной методике, с установленными по результатам аттестации по расчетно-экспериментальной процедуре приготовления значениями величин, характеризующими состав смеси;

имитаторы изделий – изделия, свойства которых оказывают на результаты измерений влияние, аналогичное влиянию реальных объектов измерений, но отличающиеся от них составом и свойствами;

радиационные источники.

3. При разработке стандартных образцов, нормировании и установлении их метрологических характеристик должна быть учтена специфика измерений, проводимых в области использования атомной энергии, а именно:

применение стандартных образцов состава и свойств изделий в виде изделия, с установленными значениями одной и более величин, характеризующими состав, структуру или свойства изделия;

определение понятия стабильности стандартных образцов не только как неизменности аттестованного значения, но и как закономерного изменения во времени;

нормирование метрологических характеристик стандартных образцов способами, соответствующими специфике их применения;

установление метрологических характеристик стандартных образцов специфическими методами (метод образцов-свидетелей, метод межлабораторного эксперимента при малом количестве участников и др.).

4. Для стандартных образцов, в отношении которых установлена обязательность прослеживаемости к стандартным образцам высших классов, должна быть обеспечена передача размеров единиц величин.

5. Для аттестованных объектов должны быть установлены аттестованные значения, характеристики их погрешности и дополнительные характеристики, оказывающие влияние на достоверность результатов измерений и решения, принимаемые на их основе.

1.5. Национальные стандарты, устанавливающие особые требования к стандартным образцам радиационных материалов, их утверждению типа, производству, применению, информационному обеспечению

ГОСТ Р 8.609-2004 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Стандартные образцы системы государственного учета и контроля ядерных материалов. Основные положения.

ГОСТ Р 8.703-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Учет и контроль ядерных материалов. Система измерений. Основные положения.

ГОСТ 8.315-97 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения (с Изменением № 1).

Р 50.2.056-2007 Государственная система обеспечения единства измерений. Образцы материалов и веществ стандартные. Термины и определения.

Р 50.2.058-2007 Государственная система обеспечения единства измерений. Оценивание неопределенностей аттестованных значений стандартных образцов.

МИ 3174-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Установление прослеживаемости аттестованных значений стандартных образцов.

1.6. Международные документы, в которых устанавливаются требования к дозиметрам, применяемым в Российской Федерации в качестве стандартных образцов

В международной практике аналогами стандартных образцов, применяемых в Российской Федерации при измерениях параметров высокоинтенсивного фотонного и электронного излучений, являются дозиметры, которые там относятся к средствам измерений, а не к стандартным образцам.

Документами МОЗМ, устанавливающими требования к указанным техническим средствам, являются:

International Recommendation **OIML R 127:1999**. Radiochromic film dosimetry system for ionizing radiation processing of materials and products (Pa-

диохромная пленочная дозиметрическая система для обработки ионизирующих излучений материалов и изделий). В Рекомендации приведены требования для определения, тестирования и проверки работы радиохромной пленочной дозиметрической системы, используемой для юридически признаваемых измерений поглощенной дозы ионизирующего излучения для промышленной обработки материалов и изделий.

International Recommendation **OIML R 131:2001**. Polymethylmethacrylate dosimetry systems for ionizing radiation processing of materials and products (Полиметилметакрилатные дозиметрические системы для обработки ионизирующих излучений материалов и изделий). Рекомендация может применяться для РММА дозиметрических систем, используемых для контроля за любым применением ионизирующего излучения для промышленной обработки материалов и изделий.

International Recommendation **OIML R 132:2001**. Alanine EPR dosimetry systems for ionizing radiation processing of materials and products (Аланиновые ЭПР-дозиметрические системы для ионизирующего облучения материалов и изделий). Рекомендация может применяться для аланиновых ЭПР-дозиметрических систем, используемых для контроля за любым применением ионизирующего излучения при промышленной обработке материалов и изделий.

Документами ИСО, устанавливающими требования к указанным техническим средствам, являются следующие документы:

ISO/ASTM 51261 устанавливает методики выбора и калибровки дозиметрических систем для измерения поглощенной дозы в полях гамма или рентгеновского излучения и в электронных пучках, используемых в технологиях по радиационной обработке продукции. Этот документ содержит типы дозиметрических систем, которые могут быть использованы как в процессе калибровки, так и в рабочих условиях как гарантия качества при коммерческой радиационной обработке изделий. Здесь же обсуждается интерпретация поглощенных доз и кратко описывается определение неопределенностей, связанных с дозиметрией. Подробности калибровки аналитических инструментов адресуются к стандартным правилам эксплуатации и инструкциям применения дозиметрических систем.

В соответствии с этим документом диапазон поглощенных доз - до 1 МГр (100 Мрад). Энергетический диапазон от 0,1 до 50 МэВ для фотонов и электронов. Этот международный стандарт следует использовать наряду со стандартными правилами; он является руководством эксплуатации и инструкциями специфических дозиметрических систем и применений, охватываемых в других стандартах. (Этот документ не касается дозиметрии при радиационной обработке нейтронами и тяжелыми частицами).

Следует подчеркнуть, что ISO/ASTM 51261 жестко предписывает требования к калибровке рабочих дозиметрических систем при радиационной обработке, включая установление прослеживаемости измерений и оценки неопределенностей измеряемой дозы с использованием калиброванных дозиметрических систем.

Инструкции и регулирующие документы, которые управляют соответствующими процедурами радиационной обработки, как стерилизация медицинских изделий или продукты питания, обеспечивают прослеживаемость измерений поглощенной дозы к национальным или международным стандартам.

ISO/ASTM 51275 относится к практике использования дозиметрических систем на основе радиохромных пленок (например, стандартные образцы СО ПД, разработанные в ФГУП «ВНИИФТРИ» и широко используемые в радиационных технологиях РФ) и представляет правила эксплуатации (инструкции) по использованию радиохромных пленочных дозиметрических систем для измерения поглощенной дозы в материалах, облученных фотонами либо электронами в единицах поглощенной дозы в воде. Как правило, радиохромные пленочные дозиметрические системы используются как рабочие дозиметрические системы при рутинных измерениях распределения поглощенной дозы в облучаемой среде.

Радиохромный пленочный дозиметр классифицируется как дозиметр типа II из-за сложных эффектов под влиянием воздействующих факторов. Этот документ представляет один из ряда стандартов, обеспечивающих рекомендациями по соответствующему внедрению дозиметрии в радиационные технологии и описывает средства достижения согласия с требованиями ASTM E2628 для пленочных радиохромных дозиметрических систем.

ASTM E2628 представляет правила, описывающие основные требования при измерениях поглощенной дозы в соответствии с дозиметрическими стандартами серии ASTM E10.01. Здесь же даны руководство для выбора дозиметрической системы, информация об отдельных дозиметрических системах, методах калибровки, оценки неопределенностей, область применения радиационных технологий.

2. Результаты анализа отечественного опыта применения нормативной правовой базы Российской Федерации по обеспечению единства измерений и национальной системы аккредитации для стандартных образцов. Описание особенностей отнесения материалов к стандартным образцам или мерам

2.1. Описание особенностей метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов радиационных материалов

Для атомной отрасли характерна высокая степень автоматизации производства и насыщенность предприятий сложными измерительными приборами, контрольными установками, системами, комплексами. От достоверности и состояния контрольно-измерительных процедур зависит качество измерительной информации, а, следовательно, и качество продукции. Качество играет ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности и устойчивого развития. Эксплуатационная безопасность продукции является составной частью свойств, характеризующих качество продукции.

Применительно к атомной отрасли, где вопросы безопасности имеют приоритетное значение, соотношение между безопасностью и качеством носит такой характер, когда первостепенным является безопасность, а качество – одним из факторов, определяющих ее уровень.

Высокие требования к ядерной и радиационной безопасности производства продукции в отрасли, безопасности эксплуатации АЭС, естественно, связаны повышенными требованиями и к качеству измерительной информации, по результатам которой принимаются ответственные решения на предприятиях и АЭС.

Всего лишь один недостоверный результат измерения или контроля способен дестабилизировать работу систем управления технологией, привести к браку или аварии. Поэтому значение точности и достоверности измерений для продукции, особенно в таких отраслях, как атомная, трудно переоценить.

Всем, кто занимается измерениями, прекрасно известно, что без стандартных образцов (СО) невозможно обеспечить необходимую достоверность результатов измерений, испытаний и контроля. Поэтому разработке СО и их применению в измерительных лабораториях предприятий Госкорпорации «Росатом» всегда уделялось большое внимание. Кроме широкого использования государственных стандартных образцов (ГСО) и отраслевых стандартных образцов (ОСО) разработки других отраслей, проводилась разработка собственных, особенно специфических СО, необходимых для контроля ядерных материалов. Уже в конце 1950-х годов в АО «УЭХК» были изготовлены и аттестованы (путем многократных измерений проб материала СО) первые СО изотопного состава урана, а во второй половине 1960-х была создана система так называемых «первичных» и «опорных» СО изотопного состава урана в диапазоне концентраций урана-235 от 0,2 до 90,0 %. На тот момент такой широкой номенклатуры аналогичных СО не было ни в США, ни в Европе.

Когда применение СО достигло широких масштабов, в отрасли было принято решение о систематизации деятельности по разработке и аттестации СО. С этой целью в конце 1970-х – начале 1980-х годов были назначены головные организации по разработке СО. АО «УЭХК» был назначен головной ор-

ганизацией по СО изотопного состава урана, АО «ВНИИНМ» – по СО топливных и конструкционных материалов, АО «Радиевый институт» – по СО радиационных материалов, ОАО «ВНИИХТ» – по СО руд и объектов окружающей среды и АО «АЭХК» – по СО газовых смесей. Однако сама система СО в отрасли полностью сформировалась только в 1985 году, когда был создан реестр СО, ведение которого было поручено АО «ВНИИНМ».

С самого начала своей деятельности метрологи ВНИИНМ в области СО столкнулись с проблемами, связанными со спецификой отраслевых материалов, веществ и изделий. В отрасли была большая потребность в СО, которые трудно было отнести к какому-то существующему виду. Например, СО ширины сварного шва, СО толщины стенки трубы ТВЭЛов, СО площади дефекта топливной таблетки и т. п. Такие СО трудно причислить к «веществам» или «материалам», поскольку они представляют собой определенное промышленное изделие или его часть. Кроме того, некоторые из таких СО невозможно аттестовать традиционными методами (т. е. путем измерений) – требуются другие подходы.

В связи с этими особенностями появилась необходимость разработки отраслевой нормативной базы, учитывающей специфику применяемых в отрасли СО и способов их аттестации.

К концу 1980-х годов разработка этой нормативной базы была завершена. К ней относятся стандарт отрасли ОСТ 95 10319 «Отраслевая система обеспечения единства измерений. Порядок разработки стандартных образцов», РД 95 10365 «Отраслевая система обеспечения единства измерений. Порядок проведения и содержание метрологической аттестации стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов» и РД 95 10396 «Отраслевая система обеспечения единства измерений. Порядок регистрации, учета, применения и хранения стандартных образцов». Данная нормативная база учитывала специфические особенности ряда СО, применяемых в отрасли.

Так, в качестве подвида СО свойств в отрасли было введено понятие СО технических характеристик изделий, то есть это СО, изготавливаемые в виде выпускаемого изделия или части изделия, аттестуемой характеристикой которого является величина, приведенная в разделе «Технические требования» в технических условиях на это изделие.

Были также введены понятия аттестации СО способом контролируемого изготовления и способом «образцов-свидетелей». Способ контролируемого изготовления заключается не в аттестации экземпляра СО, а в аттестации методики изготовления СО с дальнейшим приписыванием всем изготавливаемым по этой методике экземплярам СО максимально возможного значения погрешности и расчетом аттестованного значения. Способ «образцов-свидетелей» применяется в том случае, когда невозможно провести измерение аттестуемой характеристики СО без разрушения экземпляра СО.

Например, СО дефекта твэльной трубы в виде риски определенной длины, глубины и угла раскрытия. Для этого проводится изготовление определенной партии таких СО, часть экземпляров из которых отбирается особым образом и разрушается для целей измерений. По результатам измерений этих экземпляров устанавливаются и приписываются метрологические характеристики оставшимся экземплярам.

Отраслевая система СО до 2000 года была, как и система ГСО, «горизонтальной», то есть не было связи между уровнем утверждения и метрологическими характеристиками СО. Встречались ситуации, когда ГСО или ОСО имел погрешность аттестованного значения больше, чем аналогичный стандартный образец предприятия (СОП). Совместная деятельность отраслевых метрологов с коллегами из США и европейского сообщества позволила познакомиться с построением их систем СО. В мировой практике в системе учета и контроля радиационных материалов применяется «вертикальная» схема передачи размера единиц от международных и национальных образцов к рабочим СО, что обеспечивает такое важное свойство СО, как прослеживаемость его метрологических характеристик.

Аналогичная система обеспечения единства измерений радиационных материалов, то есть «прослеживаемости», действует и в Европе. Мировая практика показывает, что СО высшей точности разрабатывают и аттестуют уполномоченные на то организации с применением методик (методов) измерений (МВИ), основанных на абсолютных методах измерения и имеющих наименьшие погрешности. Как правило, такие МВИ проходят специальные метрологические усовершенствования для этих целей. СО высшей точности уже далее применяются для аттестации так называемых рабочих СО путем использования стандартных МВИ в качестве средства передачи размера единиц. Поскольку ЯМ в пределах предприятия перемещаются из одной зоны баланса в другую и могут перемещаться из одного предприятия в другое, то в системе учета и контроля радиационных материалов принципиально важным является обеспечение единства измерений. Наиболее эффективным способом обеспечения единства измерений является создание системы СО, значения аттестуемых характеристик которых согласованы со значением аттестуемой характеристики СО высшей точности. Наиболее простым и эффективным способом этого согласования является взаимное сравнение СО, то есть передача размера единиц от СО высшей точности к СО более низкой точности.

В 2004 году АО «ВНИИНМ» совместно с ФГУП «УНИИМ» был разработан национальный стандарт ГОСТ Р 8.609 «ГСИ. Стандартные образцы государственной системы учета и контроля ядерных материалов».

В системе государственного учета и контроля ядерных материалов (СГУК ЯМ) впервые на национальном уровне была введена вертикальная схема пе-

редачи размера единиц. В этой системе применяются аттестованные СО трех классов, связанных с положением СО в схеме передачи размера единиц. Аттестация СО второго и третьего классов может проводиться только путем передачи размера от СО 1-го класса к СО 2-го или 3-го классов и от СО 2-го класса к СО 3-го класса.

Для метрологической поддержки данной вертикальной системы были разработаны три отраслевых стандарта:

- ОСТ 95 10596 «Учет и контроль ядерных материалов. Аттестация стандартных образцов при малом количестве лабораторий»;
- ОСТ 95 10597 «Учет и контроль ядерных материалов. Аттестация стандартных образцов методом передачи размера»;
- ОСТ 95 10600 «Учет и контроль ядерных материалов. Аттестация стандартных образцов способом образцов-свидетелей».

Первый из них устанавливает алгоритмы аттестации СО для случая, когда количество лабораторий, участвующих в аттестации, менее десяти. Действующий государственный стандарт ГОСТ 8.532 может применяться только при условии участия в аттестации СО не менее десяти лабораторий. Для СО ядерных материалов, используемых при измерениях в целях учета и контроля, это условие, как правило, является невыполнимым. Транспортировка образцов урановых материалов связана с большими затратами и сложностями, а в лабораториях используются различные МВИ, сильно различающиеся по приписанным значениям погрешностей. Для плутониевых же материалов даже количество лабораторий, имеющих возможность проводить аттестационные измерения, менее десяти.

Поэтому единственно возможным способом аттестации СО ядерных материалов первого класса является способ межлабораторной аттестации при малом количестве лабораторий участников. В мировой практике аттестации СО наивысшей точности этот способ также является основным. При этом либо в аттестации участвует одна лаборатория, либо значение аттестуемой характеристики устанавливается по результатам измерений в малом количестве лабораторий, а часть лабораторий участвует только в подтверждающих измерениях.

В ОСТ 95 10596 приведены три варианта аттестации СО.

Первый вариант – аттестация СО только в одной лаборатории. Он применяется в случае, когда аттестующая лаборатория обладает МВИ, основанной на абсолютном методе измерения и имеющей погрешность значительно меньшую, чем погрешности рабочих МВИ.

Второй вариант – аттестация СО в одной аттестующей лаборатории с подтверждающими измерениями.

Он применяется, когда погрешность МВИ аттестующей лаборатории в меньшей степени отличается от погрешностей МВИ в остальных лаборато-

риях или когда при равенстве погрешностей аттестующая лаборатория имеет больший опыт и квалификацию в проведении измерений аттестуемой характеристики.

И, наконец, третий вариант – установление значения аттестуемой характеристики СО по результатам измерений в нескольких лабораториях.

В ОСТ 95 10597 приведены следующие разновидности метода сравнения для установления значений аттестуемых характеристик СО, применяемые при передаче размера единиц:

- дифференциальный метод;
- метод «пропорции»;
- метод «вилки»;
- метод градуировки;
- метод косвенных измерений.

Дифференциальный метод и метод «пропорции» применяются, когда значения аттестуемой характеристики в аттестованном СО высшей точности и в аттестуемом СО близки, а МВИ, используемая для аттестации, не требует построения градуировочной зависимости.

Метод «вилки» применяется, когда имеются два СО высшей точности, значение аттестуемой характеристики в аттестуемом СО лежит между значениями аттестованных СО, а МВИ, используемая для аттестации, требует построения градуировочного графика по стандартным образцам и при этом установлено, что градуировочный график линейный и не проходит через ноль ($Y = A + B \times X$).

Метод градуировки применяется в случае, когда имеется комплект СО высшей точности, а МВИ, используемая для аттестации, требует построения градуировочной характеристики по стандартным образцам, и при этом установлено, что градуировочная характеристика не линейна.

Метод косвенных измерений применяется в случае, когда аттестуемая характеристика СО – это результат вычисления по формуле, включающей в себя результаты измерений различных величин. Например, при аттестации СО массы урана-235 измеряются массовая доля урана, условная массовая доля урана-235 и масса СО. При этом передача размера единиц для величины массовой доли урана и условной массовой доли урана-235, входящих в расчетную формулу, проводится одним из четырех вышеприведенных способов, с использованием СО более высокой точности.

Кроме этих методов, в ОСТ приводится процедура обеспечения последовательности для случаев, когда аттестован новый СО с погрешностью, меньшей по сравнению с погрешностью уже утвержденного СО 1-го класса, и когда до разработки и аттестации СО 1-го класса уже применялись СО с меньшей точностью.

В основе системы СО в Госкорпорации «Росатом» лежит положение о

том, что отличительным признаком СО от других средств измерений является важность состава и свойств СО для целей применения. Данное положение позволяет однозначно относить то или иное средство измерений к категории СО и обеспечить их разработку единой нормативной базой. В настоящее время в реестре СО содержится более 1300 типов отраслевых стандартных образцов (ОСО). Среди них, кроме традиционных СО состава и свойств веществ и материалов, имеется большое количество ОСО технических характеристик изделий, ОСО для неразрушающего контроля и т. п.

Происходит постепенное насыщение потребностей в новых типах ОСО в области использования атомной энергии. Это вполне естественный процесс, поскольку многие ОСО имеют большой срок годности и действительно стабильны длительное время.

Для радиоактивных ОСО, у которых меняется изотопный состав за счет распада изотопов, разработчики ОСО в качестве аттестованных значений приводят ее временную зависимость, а погрешность периода полураспада, соответственно, учитывается в значении погрешности аттестованных значений. Однако потребность в ОСО новых видов далеко не исчерпана и до сих пор. Это связано с постоянным совершенствованием технологий и выпускаемой продукции, предъявлением к продукции более жестких требований, а также появлением новых видов продукции и, как следствие, новых видов контроля.

В 2011 году в Госкорпорации «Росатом» стартовал проект «Прорыв», консолидирующий проекты по разработке реакторов большой мощности на быстрых нейтронах, технологий замкнутого ядерного топливного цикла, а также новых видов топлива и материалов, и ориентированный на достижение нового качества ядерной энергетики.

Реализация данного проекта позволит:

- исключить аварии на АЭС, требующие эвакуации, а тем более отселения населения;
- обеспечить конкурентоспособность ядерной энергетики в сравнении с электрогенерацией на органическом топливе;
- обеспечить замыкание ядерного топливного цикла для полного использования энергетического потенциала уранового сырья;
- укрепить режим нераспространения;
- снизить капитальные затраты на сооружение АЭС с быстрыми реакторами за счет технологических и проектно-конструкторских решений, присущих только реакторам на быстрых нейтронах.

Задачей проекта является создание ядерно-энергетического комплекса, включающего в себя атомные станции с реакторами на быстрых нейтронах, производства по регенерации и рефабрикации ядерного топлива, по подготовке всех видов радиоактивных отходов к окончательному удалению из

технологического цикла.

Для целей регенерации и рефабрикации ядерного топлива планируется создание пристанционного ядерного топливного цикла, при функционировании которого необходимо обеспечение контроля состава и свойств перерабатываемой продукции. Решение данной задачи включает разработку методик контроля, стандартных образцов и их аттестацию для всех контролируемых объектов и параметров.

Ввиду того, что потери делящихся материалов на всем цикле переработки не должны превышать 0,1 %, предъявляются особые повышенные требования к разрабатываемым методикам контроля, а также к стандартным образцам. Перечень контролируемых параметров очень обширен, и для реализации проекта потребуется разработка не менее 50 типов стандартных образцов и аттестованных объектов.

В целом всю номенклатуру разрабатываемых в отрасли СО можно условно разбить на пять групп:

- ОСО и ГСО топливных материалов и изделий;
- ОСО конструкционных материалов и изделий;
- ОСО и ГСО для учета и контроля ядерных материалов;
- ОСО руд;
- ОСО и ГСО объектов окружающей среды.

На сегодняшний день наибольшее количество СО представляют две группы – топливо и конструкционные материалы. Группа СО для учета и контроля ядерных материалов постепенно достигает уровня лидирующих групп, поскольку потребности в этих образцах большие, а их разработка началась относительно недавно.

В конце 2013 года был выпущен нормативно-правовой акт «Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии», внедренный приказом генерального директора Госкорпорации «Росатом». В этом документе регламентируется совершенно новое понятие «аттестованный объект» (АО). АО предназначены для обеспечения единства и требуемой точности измерений и испытаний в сфере ответственности Госкорпорации «Росатом». Область и способы применения аттестованных объектов аналогичны стандартным образцам, но с некоторыми отличиями.

Понятие стабильности стандартного образца трактуется не только с точки зрения неизменности аттестованного значения, но и как закономерного изменения во времени.

В связи с перечисленным было принято решение – ввести в области использования атомной энергии новое, более широкое, чем «стандартный об-

разец», понятие – «аттестованный объект». Аттестованные объекты по своим метрологическим задачам идентичны стандартным образцам и включают в себя в том числе и стандартные образцы, применяемые в сфере ответственности Госкорпорации «Росатом».

В 2014 году специалисты АО «ВНИИНМ» разработали нормативный документ «Порядок разработки, утверждения и регистрации аттестованных объектов». В этом документе регламентируется совершенно новое понятие «аттестованный объект» (АО). АО предназначены для обеспечения единства и требуемой точности измерений и испытаний в сфере ответственности Госкорпорации «Росатом». Область и способ применения аттестованных объектов идентичен стандартным образцам, но с некоторыми отличиями.

В соответствии с ФЗ № 102 стандартный образец – это образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями, характеризующими состав или свойство этого вещества. Кроме этого, к стандартным образцам предъявляется требование стабильности во времени.

В атомной отрасли в качестве аналогов стандартных образцов могут применяться нематериальные объекты, не подпадающие под определение, данное в ФЗ № 102. Такими образцами являются изображения микроструктуры (это даже не материал, а файлы), например, изображения зернистой структуры таблеток из диоксида урана, для которых квалифицированные эксперты установили характеристики размера зерна.

Другим примером являются фрагменты корпуса ядерного реактора, содержащие реальные дефекты в металле, размеры и характеристики отражающей способности которых установлены при их исследовании. Такие фрагменты используются для настройки амплитудной и временной шкалы ультразвукового прибора, аттестации методик измерительного контроля. Еще одним примером является смешанное нитридное уран-плутониевое топливо, в котором необходимо контролировать содержание хлора. Однако хлор в нитридном топливе встречается редко и в следовых количествах. Для измерений таких характеристик нельзя создать стандартные образцы, т.к. нельзя получить приемлемую погрешность или достаточное для испытаний количество материала.

Помимо перечисленного, в отрасли применяются имитаторы, которые также не являются стандартными образцами. Например, имитаторы плотности таблеток ядерного керамического топлива. В качестве имитаторов выступают металлические цилиндрические образцы, размеры которых соответствуют размерам таблеток, а состав сплава подбирается так, чтобы его коэффициент поглощения гамма-излучения был близок к коэффициенту поглощения диоксида урана.

Таким образом, система СО Госкорпорации «Росатом» в настоящее время находится в стадии создания новых и дальнейшего развития и совершенст-

ования уже существующих алгоритмов и подходов к созданию СО и аттестованных объектов. Основной задачей представляется создание такой системы, которая опиралась бы на образцы высшей точности и была легко воспроизводима в случае выхода из обращения того или иного вида аттестованного объекта (типа СО).

Особенности метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов радиационных материалов (стандартных образцов, предназначенных для применения в области использования атомной энергии) установлены в документе «Положение о порядке проведения испытаний стандартных образцов в области использования атомной энергии в целях утверждения их типа» (далее – Положение) и состоят в следующем:

1. Метрологическая служба Госкорпорации "Росатом" размещает перечень юридических лиц, аккредитованных в установленном порядке в области обеспечения единства измерений на проведение испытаний стандартных образцов в целях утверждения их типа в соответствующей области аккредитации (далее - испытатели), на своем официальном сайте www.metroatom.ru в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

2. Заявитель направляет заявку на проведение испытаний испытателю, включенному в перечень испытателей, а копию заявки в Госкорпорацию "Росатом".

3. Испытатель по результатам испытаний разрабатывает и оформляет акт испытаний стандартного образца (комплекта стандартных образцов) в целях утверждения его типа (далее - акт испытаний стандартного образца) в четырех экземплярах (для Росстандарта, Госкорпорации "Росатом", испытателя и заявителя).

4. В течение 5 рабочих дней после оформления акта испытаний стандартного образца испытатель направляет акт испытаний стандартного образца с приложениями (протоколы испытаний стандартного образца (комплекта стандартных образцов), описание типа стандартного образца (комплекта стандартных образцов), описание процедуры изготовления и определения метрологических характеристик стандартного образца (комплекта стандартных образцов) и информацию (копии документов), представленную заявителем: 1 экземпляр - заявителю, 2 экземпляра - в Госкорпорацию "Росатом".

5. После получения документов Госкорпорация "Росатом" организует рассмотрение поступивших документов об испытаниях на соответствие стандартных образцов требованиям законодательства Российской Федерации по обеспечению единства измерений и законодательства Российской Федерации по использованию атомной энергии, обязательным метрологическим и техническим требованиям к стандартным образцам, в том числе в со-

ответствии с метрологическими требованиями к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии, утверждаемыми Госкорпорацией "Росатом" по согласованию с Росстандартом, а также на соответствие настоящему Положению.

6. Госкорпорация "Росатом" в течение 14 рабочих дней с даты получения документов рассматривает их и направляет сопроводительным письмом в Росстандарт акт испытаний стандартного образца (комплекта стандартных образцов), а также материалы испытаний и сведения, представленные в соответствии с пунктом 10 настоящего Положения для принятия решения об утверждении типа стандартного образца (комплекта стандартных образцов) и выдачи свидетельства об утверждении типа стандартного образца в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 25.06.2013 № 970 "Об утверждении Административного регламента по предоставлению Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии государственной услуги по утверждению типа стандартных образцов или типа средств измерений" (зарегистрирован Минюстом России 12.09.2013, рег. № 29940).

2.2. Описание особенностей метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов материалов, применяемых для радиационных технологий

При аттестации радиационных технологических установок с радионуклидными источниками ионизирующих излучений или на основе ускорителей электронов, ядерных реакторов, критическихборок и т.д., применяемых для испытаний изделий на радиационную стойкость, для измерения поглощенных доз в высокоинтенсивных полях гамма-, электронного и бета-излучений, в РФ используются стандартные образцы поглощенной дозы фотонного и электронного излучений, аттестованные на Государственном первичном специальной эталоне единицы мощности поглощенной дозы интенсивного фотонного, электронного и бета-излучений для радиационных технологий ГЭТ 209-2014. Перечень стандартных образцов поглощенной дозы фотонного и электронного излучений представлен в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Перечень стандартных образцов поглощенной дозы фотонного и электронного излучений

Тип стандартного образца поглощенной дозы	Сертификат утверждения	Диапазон измерения ПД
СО ПД(Ф)-5/50	СО №1688	5 – 50 кГр
СО ПД(Ф)Р-30/200	СО №1687	30 – 300 кГр
СО ПД(Ф)Р-5/50	СО №1560	5 – 50 кГр
СО ПД(Э)-1/10	СО №3532	1 – 10 кГр
СО ПД(ДТС)-0,05/10	СО №1048	50 Гр – 10 кГр

Система метрологического обеспечения средств измерений ионизирующих излучений, опирающаяся на указанные стандартные образцы, может служить фундаментом для развития радиационных технологий в области радиационной стойкости материалов и техники.

При измерениях поглощенной дозы в радиационных технологиях с применением СО ПД руководствуются требованиями следующих нормативных документов:

«Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии», утв. Приказом Госкорпорации «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА.

- ГОСТ 8.638-2013 ГСИ. Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения.

- МИ 2453-2015 Методики радиационного контроля. Общие требования.

- СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

- СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010).

- ГОСТ 8.010 – ГОСТ 8.010-2013 «ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения».

- ГОСТ Р 8.563 – ГОСТ Р 8.563-2009 «ГСИ. Методики (методы) измерений».

- ГОСТ 8.651-2016 «Медицинские изделия. Радиационная стерилизация. Методика дозиметрии».

- ГОСТ ISO 11137-1-2011 Стерилизация медицинской продукции. Радиационная стерилизация. Часть 1. Требования к разработке, валидации и текущему контролю процесса стерилизации медицинских изделий.

- ГОСТ Р ИСО 11137-3-2008 Стерилизация медицинской продукции. Радиационная стерилизация. Часть 3. Руководство по вопросам дозиметрии.

- ГОСТ ISO 14470-2014 Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением.

- РМГ 135-2016 «ГСИ. Установки радиационно-технологические с ускорителями электронов для стерилизации медицинских изделий. Методика аттестации».

- РМГ 136-2016 Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение единства измерений поглощенной дозы ионизирующего излучения при испытаниях и радиационной стерилизации изделий медицинского назначения. Общие требования.

Документы, устанавливающие требования к стандартному образцу поглощенной дозы:

Техническое задание «Разработка и подготовка к утверждению «Государственного стандартного образца поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) СО ПД(Ф)Э – 5/50, утвержденное ГП "ВНИИФТРИ" 11.02.2001 г.

ГОСТ Р 50325-2011 «ГСИ. Изделия медицинского назначения. Методика дозиметрии при проведении процесса радиационной стерилизации».

ГОСТ Р ИСО 11137-2008 «Стерилизация медицинской продукции. Требования к валидации и текущему контролю. Радиационная стерилизация».

МИ 2549-99 "ГСИ. Установки радиационно-технологические с ускорителями электронов для стерилизации изделий медицинского назначения. Методика аттестации".

МИ 2548-99 "ГСИ. Радиационно-технологические установки с радионуклидными источниками излучения для стерилизации изделий медицинского назначения. Методика аттестации".

МИ 1475-86 "ГСИ. Установки радиоизотопные. Методика метрологической аттестации по мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения".

МИ 2649-2012 «ГСИ. Поглощенные дозы фотонного и электронного излучений при установлении стерилизующей и максимально допускаемой дозы для изделий медицинского назначения, подвергаемых радиационной стерилизации. Методика выполнения измерений».

2.3 Описание особенностей метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов поглощенной дозы ФГУП «ВНИИФТРИ», применяемых в радиационных технологиях

Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) СО ПД(Ф) ГСО 7865-2000, ГСО 7904-2001, ГСО 7903-2001

Стандартные образцы представляют собой полимерные пленки, однократного использования, из пленочного материала, изготовленного по ТУ 2379-026-13271746-00 "Пленка окрашенная радиационно-чувствительная типа ПОР". Пленки, размером 10-12 x 30-35 мм, по 3-6 штук (единичный СО) герметично упакованы в бумагу, ламинированную полиэтиленом ПЭВД марки 15803-020 или 10803-020 по ГОСТ 16377-87. Упаковка предохраняет пленки от попадания на них прямого солнечного и УФ-света и от агрессивного воздействия окружающей среды.

Аттестация характеристик СО ПД(Ф) проводится на Государственном первичном специальном эталоне единицы мощности поглощенной дозы интенсивного фотонного, электронного и бета-излучений для радиационных технологий ГЭТ 209-2014 (чем обеспечивается прослеживаемость).

Аттестуемая характеристика: зависимость поглощенной дозы(Д) фотонного и электронного излучений от оптической плотности пленок (А) вида

$$D = K A^B,$$

где Д – поглощенная доза в воде фотонного и электронного излучений;

А – оптическая плотность стандартного образца, измеренная на спектрофотометре типа Specord M40 при длине волны 512 нм относительно необлученного (опорного) образца;

К – коэффициент пропорциональности;

В – показатель степени.

Особенности проведения испытаний СО ПД(Ф) описаны в Техническом задании «Разработка и подготовка к утверждению Государственного стандартного образца поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) СО ПД(Ф)-ХХ» - Шифр «СО ПД(Ф)Э».

Условия применения СО ПД

СО применяют в соответствии с документами, определяющими задачи и цели использования стандартных образцов, (ГОСТ Р 50325-2011, ГОСТ Р 11137-2011, методика измерений, технологический регламент на радиационный процесс и т.д.).

Диапазон мощностей поглощенных доз - от 10^{-1} до 10^5 Гр/с.

Энергия излучения для фотонов (Со-60, Cs-137) - 0,66 и 1,25 МэВ.

Диапазон энергии ускоренных электронов - от 0,3 до 10 МэВ.

Температура при облучении - от 15 до 40 °С.

Относительная влажность воздуха при облучении - от 30 до 98 %.

Измерение оптической плотности после облучения СО от 30 минут до 4 суток на спектрофотометре типа Specord M-40 или СФ-46 с абсолютной погрешностью, не превышающей 0,5 %, при длине волны $\lambda = 550$ нм относительно опорного образца (необлученный СО).

Порядок применения СО

Стандартный образец, не нарушая герметичность упаковки и не перегибая его, размещают в камере для облучения, в облучаемой продукции, на поверхности или внутри упаковочных ящиков:

- облучение проводят в условиях, указанных в паспорте на СО;
- с помощью ножниц вскрывают упаковку облученного СО;
- пинцетом извлекают из упаковки пленки и устанавливают в держатель пленочных образцов, входящий в комплект принадлежностей спектрофотометра;
- согласно инструкции по эксплуатации спектрофотометра измеряют оптическую плотность облученных пленок СО при длине волны 550 нм относительно опорного образца (прилагается к каждой партии поставляемых СО);
- находят среднее значение оптической плотности СО;
- определяют поглощенную дозу D либо по формуле, приведенной в паспорте на СО, либо по таблице, приведенной в приложении к паспорту;
- найденное значение поглощенной дозы является усредненным по объему СО и относится к геометрическому центру этого объема.

Особенности применения СО ПД(Ф)

- однократное использование,
- измерение оптической плотности облученного СО ПД от 30 мин. до 4 суток после облучения,
- измерение проводят в рассеянном свете, избегая воздействия прямого солнечного и УФ-света.

Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с 4-диэтиламиноазобензольным красителем) «СО ПД(Э) - 1/10» ГСО 8916-2007

Особенности изготовления, аттестации, использования СО ПД(Э) (в отличие от СО ПД(Ф))

Зависимость поглощенной дозы (D) фотонного и электронного излучений от оптической плотности пленок (A) такого же вида, как и в случае СО ПД(Ф), с тем отличием, что оптическая плотность СО ПД(Э) измеряется на спектрофотометре при длине волны 550 нм, относительно опорного образца (необлученного СО ПД(Э)).

Диапазон поглощенных доз - от 1 до 10 кГр.

Границы допускаемых значений относительной погрешности аттестации СО ПД(Э) составляют 7 % при доверительной вероятности 0,95.

Погрешность определения поглощенной дозы с помощью СО ПД(Э) при соблюдении условий применения не превышает 15 % ($P = 0,95$). Срок годности СО ПД(Э) - 1/10- 1 год со дня аттестации.

Особенности применения

Измерение оптической плотности после облучения СО ПД(Э) - 1/10 от 30 минут

до 4 суток на спектрофотометре с абсолютной погрешностью, не превышающей

1 % (СФ-16, СФ-26 или др.) при длине волны 550 нм относительно опорного образца.

Стандартные образцы представляют собой полимерные пленки однократного использования, из пленочного материала, изготовленного по ТУ 2379-026-13271746-06 «Пленка окрашенная радиационно-чувствительная типа ПОР-2».

Пленки, размером 10-12 × 30-35 мм, герметично упакованные по 3 штуки (единичный СО ПД(Э) - 1/10) в бумагу, ламинированную полиэтиленом ПЭВД марки 15803-020 ГОСТ 16377-87.

Прослеживаемость аттестованных значений СО к единице поглощенной дозы фотонного и электронного излучения достигается аттестацией на государственном эталоне единицы мощности поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения ГЭТ209-2014, принадлежащей ФГУП «ВНИИФТРИ».

Стандартный образец поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения (силикатное стекло с добавкой никеля) СО ПД(ДТС) – 0,05/10 ГСО 9447-2009

Сфера применения:

- осуществление деятельности в области охраны окружающей среды, здравоохранении; в области обороны и безопасности государства; осуществление деятельности в области использования атомной энергии; здравоохранение, химическая, пищевая промышленность, научные исследования и разработки, радиационная стойкость материалов, радиационная безопасность, испытания и контроль качества продукции в целях выполнения работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов, установленны законодательством Российской Федерации обязательным требованиям.

Документы, определяющие применение:

на методы измерений (анализа, испытаний): ГОСТ Р 50325-2011, МИ 2649-2012 «ГСИ Методика измерений. Поглощенные дозы фотонного и электронного излучений при установлении стерилизующей и максимальной допустимой дозы для медицинских изделий, подвергаемых радиационной стерилизации»;

на методики поверки: ГОСТ 8.070-96 "ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений поглощенной и эквивалентной доз и мощности поглощенной и эквивалентной доз фотонного и электронного излучений", МИ 2946-2005 «Государственная система обеспечения единства измерений. Установки радиационные с радионуклидными источниками излучения. Методика аттестации по мощности поглощенной дозы. Рекомендация».

Описание: СО представляет собой стеклянную плоскопараллельную пластинку, многократного использования, из силикатного стекла, активированного никелем, изготовленную по ТУ 28-30. Синтетический состав стекла в весовых %: SiO₂ - 70,4; MgO - 1,0; ZnO - 3,0; CaO - 5,0; As₂O₃ - 0,2; Na₂O - 15,0; K₂O - 5,0 (из них 3 % вводится в виде селитры); NiO - 0,4; NaCl - 3,0; Fe₂O₃ - не более 0,005.

Экземпляры СО размером 15 x 15 x 5 мм упакованы в коробки по 20 или 60 штук.

Аттестуемые характеристики СО ПД (ДТС):

1. Зависимость поглощенной дозы (Д) фотонного ионизирующего излучения от оптической плотности СО (А) в диапазоне поглощенных доз от 50 до 500 Гр вида:

$$D = K_{360} \cdot A_{360} + B,$$

где Д - поглощенная доза в воде фотонного ионизирующего излучения в диапазоне от 50 до 500 Гр;

A₃₆₀ - величина, численная, равная оптической плотности СО, измеренная на спектрофотометре при длине волны 360 нм, относительно воздуха;

K₃₆₀ - коэффициент пропорциональности в диапазоне от 400 до 500;

B - свободная постоянная градуировки в диапазоне от 20 до 60.

Границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения СО составляют 5 % при доверительной вероятности 0,95 для диапазона поглощенных доз от 50 до 500 Гр.

2. Зависимость поглощенной дозы (Д) фотонного ионизирующего излучения от оптической плотности СО (А) в диапазоне поглощенных доз от 1 до 10 кГр вида:

$$D = K_{745} \cdot A_{745}^B,$$

где Д - поглощенная доза в воде фотонного ионизирующего излучения в диапазоне от 1 до 10 кГр;

A₇₄₅ - величина, численная, равная оптической плотности СО, измеренная на спектрофотометре при длине волны λ=745 нм относительно воздуха;

K₇₄₅ - коэффициент пропорциональности в диапазоне от 24 до 44;

B - показатель степени в диапазоне от 2,1 до 2,9.

Границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения СО составляют 7 % при доверительной вероятности 0,95 для диапазона поглощенных доз от 1 до 10 кГр .

Срок годности: 3 года.

Диапазон поглощенных доз - от 50 до 500 Гр при измерении оптической плотности облученных пластинок на спектрофотометре типа ПЭ 5400 ВИ, СФ-46, СФ-56, Specord M40 при длине волны 360 нм относительно воздуха, и от 1 до 10 кГр при измерении оптической плотности облученных пластинок на спектрофотометре (тех же типов) при длине волны $\lambda=745$ нм относительно воздуха.

- диапазон мощностей, поглощенных доз- от 10^{-3} до 10^3 Гр/с;
- энергии излучения градуировки- 0,66 и 1,25 МэВ фотонного ионизирующего излучения;
- температура при облучении - от 15 до 70 °С;
- относительная влажность воздуха при облучении от 20 до 98 %;
- регистрация оптической плотности облученных пластинок – через 22 - 26 часов после облучения;
- Относительная погрешность измерения поглощенной дозы с помощью СО при использовании СО в условиях, указанных в дополнительных сведениях - не превысит:
 - 10 % ($P=0,95$) для диапазона поглощенных доз фотонного излучения 50 до 500 Гр;
 - 15 % ($P=0,95$) для диапазона поглощенных доз фотонного излучения от 1 до 10 кГр.

2.3 Описание особенностей отнесения материалов к стандартным образцам или мерам

В Законе об обеспечении единства измерений № 102-ФЗ определены следующие понятия:

пункт 21 статьи 2: **средство измерений** - техническое средство, предназначенное для измерений;

пункт 22 статьи 2: **стандартный образец** - образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала);

То есть в соответствии с этими определениями средства измерений и стандартные образцы являются совершенно разными объектами.

Понятие «мера» вводится в РМГ 29-2013:

пункт 6.11 **мера** (материальная): средство измерений, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями.

Среди примеров мер к этому пункту, наряду с «эталонная гиря, мера вместимости (которая сохраняет одно или несколько значений величины, со шкалой значений величины или без нее), эталонный резистор, линейная шкала (линейка), концевая мера длины, эталонный генератор сигналов, меры

твердости (минералы различной твердости по шкале Мооса)» видим и «аттестованный стандартный образец».

Более того, в соответствии с ГОСТ 8.315-97 «Стандартные образцы состава и свойств материалов. Основные положения»:

пункт 3.1 - **стандартный образец состава или свойств вещества (материала), стандартный образец; СО** - средство измерений в виде определенного количества вещества или материала, предназначенное для воспроизведения и хранения размеров величин, характеризующих состав или свойства этого вещества (материала), значения которых установлены в результате метрологической аттестации, используемое для передачи размера единицы при поверке, калибровке, градуировке средств измерений, аттестации методик выполнения измерений и утвержденное в качестве стандартного образца в установленном порядке.

Проанализировав эти понятия совместно, можно сделать вывод, что в качестве мер могут использоваться как средства измерений, так и стандартные образцы свойств веществ.

Таким образом, название раздела следует сформулировать следующим образом: «Особенности создания мер (материальных) на основе стандартных образцов свойств веществ или средств измерений». Тем не менее, данный вопрос актуален, так как меры одной и той же величины на практике могут быть созданы как на основе стандартного образца, так и на основе средства измерений.

Процедуры испытаний в целях утверждения типа стандартных образцов и средств измерений похожи и регламентируются одним и тем же приказом Минпромторга России № 1081 от 30 ноября 2009 г., но, тем не менее, существенно отличаются. Поэтому при создании меры той или иной величины, применяемой в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, следует обоснованно выбрать способ проведения испытаний в целях утверждения типа – или как стандартный образец, или как средство измерений.

Рассмотрим несколько примеров.

Казалось бы, измерения твердости не связаны с составом объекта измерений, тем не менее меры твердости должны быть выполнены из вполне определенного материала, но традиционно значение твердости передается с помощью средств измерений, а не стандартных образцов. Это обусловлено в том числе и тем, что снижения погрешности при передаче шкалы твердости может быть обеспечено только при выполнении жестких требований к качеству обработки поверхности мер твердости, включая термообработку. Кроме того, требуется ежегодное подтверждение соответствия (периодическая поверка) мер твердости из-за существенной нестабильности МХ мер твердости.

Иногда полагается, что если у объекта, имеющего определенные свойства, также важен и его состав, то такие объекты обязательно нужно относить к стандартным образцам. Но, например, для радиоактивных источников нормируется как их изотопный состав, так и их активность, в то же время из-за необходимости проведения их периодической поверки логичней радиоактивные источники относить к средствам измерений, что и происходит на практике.

Особенностью стандартных образцов является невозможность их периодической поверки. Действительно, при утверждении СО не утверждается методика их периодической поверки. То есть СО считаются метрологически исправными на весь срок их службы.

В литературе иногда предлагается проводить периодическую поверку СО, но действующее законодательство в области обеспечения единства измерений не предусматривает такой процедуры для СО, поэтому в случае необходимости периодического подтверждения соответствия некоторого объекта (поверка), следует отнести его к СИ и пройти процедуру утверждения типа меры с утверждением соответствующей методики поверки.

Выводы из вышеприведенных рассуждений приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Отличительные особенности мер на основе стандартных образцов свойств веществ и мер на основе средств измерений

Меры на основе стандартных образцов свойств веществ	Меры на основе средств измерений
Форма меры не имеет определяющего значения	Конструкция и форма меры принципиально важна
Состав материала меры имеет принципиальное значение	Состав материала меры не имеет принципиального значения
Не требуется периодическое подтверждение соответствия (не требуется периодическая поверка). То есть нестабильность МХ меры пренебрежимо мала	Требуется периодическое подтверждение соответствия (поверка). То есть нестабильность МХ меры существенна.

В остальных случаях невозможно однозначно отделить меры на основе СО свойств веществ от мер на основе средств измерений. На практике подобные объекты относят как к СО свойств веществ, так и к средствам измерений, что подтверждает практическую равноценность их метрологического статуса.

Например, существуют как стандартные образцы рН, например, Государственный стандартный образец (ГСО) рН водной вытяжки нефтепродуктов (ГСО 10400-2014), аттестованное значение СО рН водной вытяжки (при температуре 20 °С) равно 7,0, абсолютная погрешность аттестованной характе-

ристики СО при $P=0,95$ не более $\pm 0,4$, так и меры рН, например, буферные растворы со значением $pH=7,00$ - рабочие эталоны рН 2-го разряда (№ 54733-13, $pH=7,0$, предел погрешности рН равен $\pm 0,01$).

Особенности отнесения материалов к стандартным образцам в области использования атомной энергии описаны выше в п.2.1.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- по своему назначению и технической сущности стандартные образцы свойств веществ близки к средствам измерений, и в ряде случаев могут с успехом заменять друг друга, в том числе и при использовании в качестве мер – то есть для воспроизведения в процессе использования или постоянного хранения величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями. Этот факт следовало бы отразить и в определении понятия «стандартный образец» в Законе об обеспечении единства измерений;

- ключевой особенностью мер на основе стандартных образцов свойств веществ является невозможность их периодической поверки.

3. Результаты анализа опыта государств-членов ЕАЭС, стран БРИКС. Описание особенностей метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов радиационных материалов

В списке стандартных образцов NIST (<https://www-s.nist.gov/srmors/certArchive.cfm>) более 1300 физических продуктов, NIST Standard Reference Materials®, предназначенных для применения в промышленности, в науке и правительственных учреждениях для калибровки приборов, проверки методов испытаний и разработки новых методов измерений. Группы стандартных образцов NIST в области радиоактивности приведены в табл. 3.1. Приложений.

Группа 205.1 - Радиационная дозиметрия (проволочная форма)

953 - Neutron Density Monitor Wire.

Этот SRM представляет собой проволоку из кобальта в алюминиевом сплаве диаметром 0,5 мм и длиной 1 м для использования в качестве стандарта контроля потока нейтронов.

Группа 205.3 - Специальные ядерные материалы

Лаборатория New Brunswick Laboratory Министерства энергетики США выпускает специальные ядерные стандартные образцы в качестве сертифицированных стандартных материалов NBL (SRM). Эти CRM включают плутоний, уран и изотопные материалы, ранее выпущенные NIST (табл.3.2 Приложений).

Группа 205.4 - Радиоактивные растворы

Эти SRM предназначены для калибровки измерителей радиоактивности и для мониторинга химических и геохимических процессов. Они откалиброваны в единицах активности на грамм раствора. Каждый SRM содержится в стеклянной ампуле и состоит из радионуклида, растворенного в водном растворе (обычно кислотном). Перечень стандартных образцов радиоактивных растворов представлен в табл. 3.2. (см. Приложения).

Группа 205.5 - Радиофармацевтические препараты (раствор и газообразные формы)

Эти SRM предназначены для калибровки приборов для измерения радиоактивности. Они калибруются в единицах активности на грамм раствора (кроме SRM 4415, который откалиброван в единицах активности). Каждый SRM содержится в 5-миллилитровой стеклянной ампуле с запайкой и, за исключением SRM 4415, состоит из радионуклида, растворенного в водном растворе (обычно кислотном). Перечень стандартных образцов радиофармацевтических препаратов представлен в табл.3.3 (см. Приложения).

Группа 205.7 - Углерод-14 (твердая форма)

Этот SRM является международным стандартом для современного углерода-14.

SRM	Описание
4990C	Oxalic Acid

Группа 205.11 - Материалы с естественной радиоактивной матрицей (порошковая форма)

Эти SRM предназначены для использования в сличительных измерениях радиоактивности проб окружающей среды, содержащихся в подобных матрицах, для оценки аналитических методов и в качестве общедоступных калиброванных «реальных» матриц образцов для межлабораторных сравнений. Перечень стандартных образцов материалов с естественной радиоактивной матрицей представлен в табл. 3.4 Приложения.

Заключение

В настоящей работе проведен анализ существующей нормативной правовой базы РФ по обеспечению единства измерений стандартными образцами и выработка предложений по ее гармонизации с международным законодательством.

Рассмотрены положения документов Международной организации законодательной метрологии, Международной организации по стандартизации,

Международной организации по аккредитации лабораторий, нормативной правовой базы Российской Федерации по обеспечению единства измерений, национальных стандартов по стандартным образцам, устанавливающих особые требования к стандартным образцам радиационных материалов, их утверждению типа, производству, применению, информационному обеспечению. Представлены результаты анализа, включающие все затронутые вопросы

Проанализирован отечественный опыт применения нормативной правовой базы РФ по обеспечению единства измерений для стандартных образцов, национальной системы аккредитации, регулирующей обязательные требования к стандартным образцам радиационных материалов, их испытанию в целях утверждения типа, утверждению типа, производству, применению, информационному обеспечению, применению международных документов в области указанных СО. Особенности метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов радиационных материалов, особенности отнесения материалов к стандартным образцам или мерам, представлены результаты анализа, включающие все затронутые вопросы.

В результате анализа опыта государств-членов ЕАЭС, стран БРИКС, ЕС, РФ в отношении особых требований к стандартным образцам радиационных материалов, их утверждению типа, производству, применению, информационному обеспечению, применению международных документов в области указанных СО выявлены особенности метрологического обеспечения изготовления и проведения испытаний стандартных образцов радиационных материалов.

Литература

1. Стандартные образцы в области использования атомной энергии / В.А. Борисов [и др.] // Стандартные образцы, 2015, № 2, с. 67–73.
2. Бурькина Э.Г., Осинцева Е.В., Королева Н.И., Анфилатова О.В., Сулова В.В. О международном сотрудничестве в области стандартных образцов // Стандартные образцы. 2013, № 1, 36-46.
3. Осинцева Е.В., Медведевских С.В., Кремлева О.Н. О деятельности Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов Российской Федерации // Стандартные образцы, 2015, № 2, с. 4–30.
4. Осинцева Е.В., Медведевских С.В., Кремлева О.Н. Студенок В.В., Анфилатова О.В., Баратова Н.С. Мировые тенденции в области стандартных образцов и концепция развития Государственной службы стандартных образцов. Часть I. // Стандартные образцы, 2014, № 1, с. 6-26.

- 5.Осинцева Е.В., Медведевских С.В., Бессонов Ю.С., Кремлёва О.Н. Мировые тенденции в области стандартных образцов и концепция развития Государственной службы стандартных образцов. Часть 2. // Стандартные образцы, 2014, № 2, с. 3-18.
- 6.S. V. Medvedevskikh, E. V. Osintseva, I. E. Dobrovinskii, O. N. Kremleva. State Reference Sample Service of the Russian Federation for the Composition and Properties of Substances and Materials Measurement Techniques February 2015, Volume 57, Issue 11, pp. 1249-1254.
- 7.Перечень стандартных образцов NIST. - Электрон.текст.дан. — Режим доступа: <https://www-s.nist.gov/srmors/certArchive.cfm>, свободный.

Приложения
Таблица 3.1

Группы стандартных образцов NIST в области радиоактивности

№	Наименование группы (англ.)	Наименование группы (рус.)
205.1	Radiation Dosimetry (wire form)	Радиационная дозиметрия (проволочная форма)
205.3	Special Nuclear Materials	Специальные ядерные материалы
205.4	Radioactive Solutions	Радиоактивные растворы
205.5	Radiopharmaceuticals (solution and gaseous forms)	Радиофармацевтические препараты (растворы и газообразные формы)
205.7	Carbon-14 Dating (solid form)	Углерод-14
205.11	Radioactive Natural Matrix Materials (powder form)	Материалы с естественной радиоактивной матрицей (порошковая форма)

Таблица 3.2

Перечень стандартных образцов радиоактивных растворов

SRM	Описание
4222C	Carbon-14 Radioactivity Standard for Liquid Scintillation Counting
4226D	Nickel-63 Radioactivity Standard
4233E	Cesium-137 Radioactivity Standard
4239	Strontium-90 Radioactivity Standard Solution
4251C	Barium-133 Radioactivity Standard Solution
4274	Holmium-166m Gamma-ray Emission Rate Standard
4288B	Technetium-99 Radioactivity Standard
4320b	Curium-244 Radioactivity Standard
4321C	Natural Uranium Radioactivity Standard Solution
4322C	Americium-241 Radioactivity Standard
4323B	Plutonium-238 Radioactivity Standard

Продолжение таблицы 3.2

4324B	Uranium-232 Radioactivity Standard Solution
4326a	Polonium-209 Radioactivity Standard
4328C	Thorium-229 Radioactivity Standard Solution
4329	Curium-243 Radioactivity Standard Solution
4330C	Plutonium-239 Radioactivity Standard
4332E	Americium-243 Radioactivity Standard
4334I	Plutonium-242 Radioactivity Standard Solution
4337	Lead-210 Radioactivity Standard
4338A	Plutonium-240 Radioactivity Standard Solution
4339b	Radium-228 Radioactivity Solution
4340B	Plutonium-241 Radioactivity Standard
4341a	Neptunium-237 Radioactivity Standard
4342A	Thorium-230 Radioactivity Standard
4361C	Hydrogen-3 Radioactivity Standard
4370C	Europium-152 Radioactivity Standard
4915F	Cobalt-60 Radioactivity Standard Solution
4919I	Strontium-90 Radioactivity Standard
4926E	Hydrogen-3 Radioactivity Standard
4927F	Hydrogen-3 Water Radioactivity Standard
4927g	Hydrogen-3 Radioactivity Standard
4929F	Iron-55 Radioactivity Standard
4943	Chlorine-36 Radioactivity Standard
4949d	Iodine-129 Radioactivity Standard
4965a	Radium-226 Radioactivity Standard
4966A	Radium-226 Radioactivity Standard
4967A	Radium-226 Radioactivity Standard Solution
4969	Radium-226 Radioactivity Standard

Таблица 3.3

Перечень стандартных образцов радиофармпрепаратов

SRM	Описание
4401L	Iodine-131 Radioactivity Standard
4401H	Iodine-131 Radioactivity Standard
4404L	Thallium-201 Radioactivity Standard
4404H	Thallium-201 Radioactivity Standard
4407L	Iodine-125 Radioactivity Standard
4407H	Iodine-125 Radioactivity Standard
4410H	Technetium-99m Radioactivity Standard
4412L	Molybdenum-99 Radioactivity Standard
4412H	Molybdenum-99 Radioactivity Standard
4415L	Xenon-133 Radioactivity Standard
4415H	Xenon-133 Radioactivity Standard
4416L	Gallium-67 Radioactivity Standard
4416H	Gallium-67 Radioactivity Standard
4417L	Indium-111 Radioactivity Standard
4417H	Indium-111 Radioactivity Standard
4427L	Yttrium-90 Radioactivity Standard
4427H	Yttrium-90 Radioactivity Standard

Таблица 3.4

Перечень стандартных образцов материалов с естественной радиоактивной матрицей

SRM	Описание
4350B	River Sediment Environmental Radioactivity Standard
4351	Human Lung Environmental Radioactivity Standard
4352	Human Liver Powder
4353A	Rocky Flats Soil Number 2
4354	Freshwater Lake Sediment Environmental Radioactivity Standard

Продолжение таблицы 3.4

4355	Peruvian Soil Powder
4356	Ashed Bone (Radioactivity)
4357	Ocean Sediment Powder
4358	Ocean Shellfish Radionuclide Standard
4359	Seaweed Radionuclide Standard

Таблица 3.5

Перечень стандартных образцов NIST радиоактивных материалов из
архива NIST

SRM 4202	Gamma-Ray Standard Cadmium-109-Silver-109m
SRM 4202-C	Gamma Ray Standard Solution Cadmium-109-Silver-109m
SRM 4202D	Gamma-Ray Standard Cadmium-109-Silver-109m
SRM 4203-B	Gamma-Ray Point-Source Standard Cobalt-60
SRM 4203-C	Radioactivity Standard 60-Cobalt
SRM 4203D	Cobalt-60 Radioactivity Standard
SRM 4205	Gamma-Ray Standard Throium-228-Thallium-208
SRM 4206	Gamma-Ray Standard Throium-228-Thallium-208
SRM 4206-B	Gamma-Ray Standard Thorium-228-Thallium-208
SRM 4206-C	Gamma-Ray Point-Source Standard
SRM 4207	Cesium-137-Barium-137m Point-Source Radioactivity Standard
SRM 4208	Gamma-Ray Standard Mercury-203
SRM 4208-B	Gamma-Ray Standard Mercury-203
SRM 4209	Gamma-Ray Standard Yttrium-88
SRM 4209-C	Radioactivity Standard
SRM 4210	Gamma Ray Standard Cobalt-60
SRM 4211	Gamma-Ray Standard Americium-214
SRM 4212	Gamma-Ray Standard Krypton-85
SRM 4213	Gamma-Ray Americium-241
SRM 4214-B	Radioactivity Standard

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4215	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4215-B	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4215-C	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4215-F	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4216	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4216-B	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4216-C	Mixed Radionuclide Standard	Gamma-Ray	Emmision-Rate	Point-Source
SRM 4217	Gamma Ray Standard Silver-110m-Silver-110			
SRM 4218	Europium-152 Point Source Radioactivity Standard			
SRM 4218-B	Europium-152 Point Source Radioactivity Standard			
SRM 4218-C	Europium-152 Point Source Radioactivity Standard			
SRM 4218-D	Point Source Radioactivity Standard Europium-152			
SRM 4218-E	Point Source Standard			
SRM 4218f	Europium-152 Point Source			
SRM 4219-B	Gamma Ray Solution Standard Cadmium-109-Silver-109m			
SRM 4219C	Radioactivity Standard			
SRM 4221	Radioactivity Standard Mercury-197			
SRM 4222	Beta-Ray Standard			
SRM 4222-B	Radioactivty Standard			
SRM 4222C	Radioactivity Standard for Liquid Scintillation Counting			
SRM 4224	Beta-Ray Standard			
SRM 4225	Radioactivity Standard Tin-113-Indium-113m			
SRM 4226	Radioactivity Standard Nickel-63			

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4226-B	Radioactivity Standard
SRM 4226c	Nickel-63 Solution
SRM 4228	Radioactivity Standard Selenium-75
SRM 4228-B	Radioactivity Standard Selenium-75
SRM 4229	Radioactivity Standard Aluminum-26
SRM 4232	Radioactivity Standard Silver-110m-Silver-110
SRM 4233	Cesium-137 Burn-Up Standard
SRM 4233b	Cesium-137 Burn-Up Standard
SRM 4233C	Radioactivity Standard
SRM 4233d	Cesium-137 Solution
SRM 4234	Radioactivity Standard Strontium-Yttrium-90
SRM 4234a	Radioactivity Standard Strontium-Yttrium-90
SRM 4235	Radioactivity Standard Krypton-85
SRM 4235-B	Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4237	Europium-152 Point-Source Activity Standard
SRM 4240	Radioactivity Standard Bismuth-207
SRM 4241	Barium-133 Point-Source Activity Standard
SRM 4241b	Radioactivity Point Source Standard
SRM 4241C	Barium-133 Point Source
SRM 4242	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4242-B	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4242-C	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4242-D	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4242-E	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4242-F	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4242H	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4243	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4243-B	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4243-E	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4243-H	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4244	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4244-B	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4249	Radioactivity Standard Barium-Lanthanum-140
SRM 4250	Radioactivity Standard Cesium-134
SRM 4250B	Radioactivity Standard
SRM 4251	Barium-133 Radioactivity Standard
SRM 4251B	Radioactivity Standard
SRM 4252	Mixed Radionuclide Radioactivity Standard
SRM 4253	Mixed Radionuclide Radioactivity Standard
SRM 4254	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Solution Standard
SRM 4254-B	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Solution Standard
SRM 4254-C	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Solution Standard
SRM 4257	Manganese-54 Radioactivity Standard
SRM 4260	Photon-Emission-Rate Standard Sample Iron-55
SRM 4260-C	Low-Energy Photon Standard
SRM 4261	K-X-Ray-Emission-Rate Standard Cadmium-109
SRM 4263	K-X-Ray-Emission-Rate Standard Strontium-85
SRM 4264	Point-Source Gamma-Ray Emission-Rate Standard Tin-121m
SRM 4264-B	Point-Source Gamma-Ray Emission-Rate Standard
SRM 4265	Photon-Emission-Rate Standard Iodine-125
SRM 4265B	Radioactivity Standard
SRM 4266	Low Energy Photon Standard
SRM 4267	Radioactivity Standard for Low-Energy-Photon-Efficiency and Reactor-Neutron-Dosimetry Calibrations

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4275B	Mixed Radionuclide Gamma-Ray Emission-Rate Standard for the Efficiency Calibration of Germanium Spectrometer Systems
SRM 4276b	Antimony-125-Tellurium-125m
SRM 4288	Radioactivity Standard
SRM 4288a	Technetium-99 Radioactivity Standard, October, 1996
SRM 4300	Argon-37
SRM 4300-B	Argon-37 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4301	Argon-37
SRM 4302	Argon-39 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4305	Radioactivity Standard Xenon-131m
SRM 4306-B	Xenon-133
SRM 4307-B	Gaseous Radioactivity Standard Xenon-133
SRM 4307-C	Xenon-133 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4307-D	Xenon-133 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4307G	Xenon-133 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4307H	Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4308	Krypton-85 Gamma-Ray Emission-Rate Gaseous Standard
SRM 4308-B	Krypton-85 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4308-C	Gaseous Radioactivity Standard Krypton-85
SRM 4309	Xenon-127 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4309-B	Xenon-127 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4309-C	Xenon-127 Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4309-F	Gaseous Radioactivity Standard Xenon-127
SRM 4309D	Gaseous Radioactivity Standard Xenon-127
SRM 4309E	Gaseous Radioactivity Standard Xenon-127
SRM 4310	Gaseous Radioactivity Standard Xenon-133, Xenon-127, Krypton-85
SRM 4310-B	Gaseous Radioactivity Standard Xenon-133, Xenon-127, Krypton-85

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4320	Curium-244 Radioactivity Standard
SRM 4320a	Curium-244 Radioactivity Standard
SRM 4321	Alpha-Particle-Solution Standard Natural Uranium
SRM 4321B	Alpha-Particle-Solution Standard Natural Uranium
SRM 4322	Alpha-Particle-Solution Standard Americium-241
SRM 4323	Alpha-Particle-Solution Standard
SRM 4323a	Plutonium-238 Solution
SRM 4324	Radioactivity Standard Uranium-232
SRM 4324a	Radioactivity Standard Uranium-232
SRM 4326	Polonium-209 Radioactivity Standard Solution, December 2005
SRM 4327	Radioactivity Standard Polonium-128
SRM 4328	Radioactivity Standard Thorium-229
SRM 4328A	Thorium-229 Radioactivity Standard
SRM 4328b	Thorium-229 Solution
SRM 4330	Plutonium-239 Alpha-Particle Solution Standard
SRM 4330a	Plutonium-239 Radioactivity Standard
SRM 4330B	Plutonium-239 Solution
SRM 4332	Alpha-Particle Radioactivity Standard Americium-243-Neptunium-239
SRM 4332B	Radioactivity Standard Americium-243
SRM 4332C	Radioactivity Standard Americium-243
SRM 4332D	Americium-243 Solution
SRM 4333	Alpha-Particle Radioactivity Standard Americium-243-Neptunium-239
SRM 4334	Alpha-Particle Solution Standard Plutonium-242
SRM 4334B	Plutonium-242 Alpha-Particle Solution Standard
SRM 4334C	Alpha-Particle Solution Standard Plutonium-242
SRM 4334D	Alpha-Particle Solution Standard Plutonium-242

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4334E	Radioactivity Standard Plutonium-242
SRM 4334g	Plutonium-242 Solution
SRM 4334H	Plutonium-242 Solution
SRM 4335	Plutonium-242 Alpha-Particle Solution Standard
SRM 4336	Alpha Particle Solution Standard Polonium-210
SRM 4338	Alpha-Particle Emission-Rate Solution Standard Plutonium-240
SRM 4339	Radioactivity Standard Radium-228
SRM 4340	Delta-Particle Solution Plutonium-241
SRM 4340a	Plutonium-241 Solution
SRM 4342	Thorium-230 Solution, April 1, 1999
SRM 4350	Environmental Radioactivity Standard: River Sediment
SRM 4353	Environmental Radioactivity, April 1, 1981
SRM 4361	Radioactivity Standard Hydrogen-3
SRM 4361B	Radioactivity Standard Hydrogen-3
SRM 4369	Radioactivity Standard Gadolinium-153
SRM 4370	Radioactivity Standard Europium-152
SRM 4370-B	Radioactivity Standard Europium-152
SRM 4400L-N	Radioactivity Standard Chromium-51
SRM 4401L	Lot 29 Iodine-131 Radioactivity Standard
SRM 4402L-C	Radioactivity Standard Tin-113-Indium-113m
SRM 4403L-B	Radioactivity Standard Strontium-85
SRM 4404L	Thallium-201 Radioactivity Standard
SRM 4405L	Radioactivity Standard Gold-198
SRM 4406L-M	Radioactivity Standard Phosphorus-32
SRM 4407HY	Iodine-125 Radioactivity Standard
SRM 4407L	Iodine-125 Radioactivity Standard Lot 27
SRM 4407LY	Iodine-125 Radioactivity Standard

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4408L-E	Radioactivity Standard Cobalt-57
SRM 4411L-B	Radioactivity Standard Iron-59
SRM 4412L	Lot 28 Molybdenum-99 Radioactivity Standard
SRM 4414L-B	Radioactivity Standard Iodine-123
SRM 4415L-R	Gaseous Radioactivity Standard
SRM 4415LX	Xenon-133 Radioactivity Standard
SRM 4416L-F	Gallium-67 Radioactivity Standard
SRM 4416LU	Gallium-67 Radioactivity Standard
SRM 4417L	Indium-111 Lot 22
SRM 4418L	Mercury-203
SRM 4419L-C	Ytterbium-169
SRM 4420L-B	Lead-203
SRM 4421L	Gold-195
SRM 4422L	Chlorine-36
SRM 4423L	Strontium-90
SRM 4425L	Samarium-153 Lot 8
SRM 4427HD	Yttrium-90
SRM 4427L	Yttrium-90
SRM 4427LD	Yttrium-90
SRM 4500	Radiochromic Solution for Reference Dosimetry
SRM 4902	Alpha-Ray Standard Polonium-210
SRM 4904S-G	Alpha-Particle Standard Americium-241
SRM 4906L-C	Plutonium-238
SRM 4907	Alpha-Particle Standard Gadolinium-148
SRM 4915E	Cobalt-60 Radioactivity Standard
SRM 4919h	Strontium-90 Solution
SRM 4922-E	Sodium-22 Radioactivity Standard

Продолжение таблицы 3.5

SRM 4926E	Hydrogen-3 Radioactivity Standard
SRM 4927F	Hydrogen-3 Radioactivity Standard
SRM 4928-C	Sulfur-35 Radioactivity Standard
SRM 4968	Radium-226/Radon 222 Capsule
SRM 4971	Radon-222 Emanation Standard
SRM 4972	Radon-222 Emanation Standard
SRM 4973	Radon-222 Emanation Standard
SRM 4974	Radon-222 Emanation Standard
U-0002 U-0002	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-005 U-005	Uranium Isotopic Standard, Provisional, April 21, 1969
U-005a U-005a	Uranium Isotopic Standard, July 12, 1984
U-010 U-010	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-015 U-015	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-020 U-020	Uranium Isotopic Standard, Provisional, April 21, 1969
U-020a U-020a	Uranium Isotopic Standard, March 1, 1985
U-030 U-030	Uranium Isotopic Standard, Provisional, April 21, 1969
U-030a U-030a	Uranium Isotopic Standard, March 1, 1985
U-050 U-050	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-100 U-100	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-150 U-150	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-200 U-200	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-350 U-350	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-500 U-500	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-750 U-750	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-800 U-800	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-850 U-850	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-900 U-900	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981

Продолжение таблицы 3.5

U-930 U-930	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981
U-970 U-970	Uranium Isotopic Standard, April 6, 1981