
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
*(проект
первая редакция)*

Радиационный контроль
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Стандартинформ
2015

Предисловие

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «НТЦ Амплитуда» (ООО «НТЦ Амплитуда»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ 2016 г. №

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0-2012 (раздел 8). 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 национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (www.gost.ru).

© Стандартиформ, 20...

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

Содержание

| | |
|--|----|
| 1. Область применения | 1 |
| 2. Нормативные ссылки | 1 |
| 3. Определения и сокращения | 2 |
| 4. Общие положения | 4 |
| 5. Обеспечение полноты измерительной информации | 5 |
| 6. Нормативные требования к объекту контроля | 6 |
| 7. Результат измерения | 6 |
| 8. Заключение о значении измеряемой величины | 7 |
| 9. Заключение о состоянии средства измерений | 8 |
| 10. Сравнение результата измерения с контрольным уровнем и принцип консервативности | 8 |
| 11. Требования к точности результата измерений | 9 |
| | |
| Приложение А. Величины, определенные в ISO-11929-2010 и используемые в требованиях к точности измерений. | 11 |
| Приложение Б. (Справочное) Пример отчета с результатами измерения контрольной пробы, проводимого с целью оценки работоспособности измерительной установки. | 15 |
| Приложение В. (Справочное) Пример отчета с результатами измерения активности гамма-излучающих радионуклидов инкорпорированных в легких человека. | 17 |
| Приложение Г. (Справочное) Пример отчета с результатами измерения активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в образце пищевой продукции | 21 |

Введение

Процедуры радиационного контроля предусматривают выполнение ряда измерений, в результате которых оценивается состояние, как характеризуемого объекта, так и используемого средства измерений. Стандарт определяет состав и форму представления измерительной информации в зависимости от цели измерения.

При установке требований к точности измерений регулирующие органы используют принятые в собственных странах понятия, часть из которых не имеет официального перевода в отечественных стандартах. В стандарте приведен перевод определений и методов оценки величин, используемых для нормирования точности измерений, согласно ISO 11929-2010 “Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application”.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Радиационный контроль**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Radiation control
Presentation of measuring results.

Дата введения -

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает состав измерительной информации и правила ее представления при оформлении результатов измерений проводимых измерительными/испытательными лабораториями с целью:

- классификации объекта исследований по результату измерений нормируемой величины;
- накопления информации для последующей классификации объекта исследований;
- определения состояния средства измерения (за исключением поверки) или оценки характеристик метода измерений используемых для классификации объекта исследований.

В стандарте приведены величины, используемые:

- для представления результатов измерения и их сравнения с контрольными уровнями;
- для нормирования точности измерений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

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

ГОСТ Р 8.820-2013 ГСИ. Метрологическое обеспечение. Основные положения

П р и м е ч а н и е – При использовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов 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 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, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 8.638-2013, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **радиационный контроль**: Область деятельности, направленная на получение посредством регистрации ионизирующих излучений измерительной информации, достаточной для отнесения объекта контроля к той или иной категории.

3.1.2 **принцип консервативности**: Правило принятия решений, согласно которому решения принимаются с запасом по безопасности.

3.1.3

измерительная информация: Информация о количественных значениях измеряемой величины, обладающая свойствами, необходимыми для принятия управляющих решений

[ГОСТ Р 8.820-2013, пункт 3.1]

Примечание - Управляющим решением в области радиационного контроля является отнесение объекта контроля к той или иной категории.

3.1.4

полнота измерительной информации: Свойство измерительной информации, определяющее её достаточность для понимания состояния наблюдаемого объекта или явления и принятия необходимого управляющего решения.

[ГОСТ Р 8.820-2013, пункт 3.2]

3.1.5

нормируемая величина: Величина, назначаемая компетентным органом для регулирования радиационной безопасности или обеспечения требуемого качества объекта.

[ГОСТ 8.638-2013 п.3.1.5].

3.1.6 **измеряемая величина**: Величина, значение которой определяется в результате измерения.

3.1.7 влияющая величина: Величина, не являющаяся измеряемой величиной, от которой зависят показания средства измерений.

3.1.8 критерий радиационного контроля: Набор правил, нормативов и/или контрольных уровней, позволяющих на основании результатов измерений принять однозначное решение о принадлежности объекта контроля к той или иной категории.

3.1.9 требования к точности измерений: Установленные регулирующим органом критерии, позволяющие классифицировать точность измерений как достаточную или не достаточную для принятия управляющих решений.

3.1.10

(истинное) значение измеряемой величины: – Значение, соответствующее определению измеряемой величины

[ГОСТ Р 54500.3-2011 п.В.2.3].

Примечание 1: термин 'значение измеряемой величины' равносильно 'истинному значению измеряемой величины'. В стандарте перед словосочетанием 'значение измеряемой величины' иногда используется прилагательное 'истинное'.

Примечание 2: измеряемая величина имеет только одно истинное значение. Понятие неопределенность по отношению к термину 'значение измеряемой величины' не применимо. В то же время можно говорить о распределении возможных значений измеряемой величины, которыми может быть обусловлен наблюдаемый результат измерения.

3.1.11 результат измерения (измеряемой величины): Численная характеристика объекта исследований, средства измерений и условий выполнения измерения, полученная в результате измерения и приписываемая измеряемой величине.

3.1.12 заключение о значении измеряемой величины: Информация о распределении возможных значений измеряемой величины, которыми может быть обусловлен наблюдаемый результат измерения.

3.1.13 доверительный интервал: Интервал, который с заданной доверительной вероятностью содержит значение измеряемой величины.

3.1.14

метрологическая прослеживаемость измерений: Свойство результата измерений, в соответствии с которым он может быть соотнесен с эталоном соответствующей величины (эталоном величин – при косвенных измерениях) через документированную непрерывную цепь калибровок и применения аттестованных методик измерений, обеспечивающих корректную оценку неопределенности

[ГОСТ 8.638-2013 п.3.1.19].

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

РК – радиационный контроль;

СИ – средство измерения;

МИ – методика (метод) измерений;

МРК – методика радиационного контроля;

МИА – минимально измеряемая активность согласно [1].

4 Общие положения

4.1 Измерительная информация, на основании которой принимаются решения о состоянии контролируемого объекта либо средства измерения должна быть оформлена и сохранена в виде записей или отчетов об измерении, которые могут храниться на бумажном или электронном носителе информации. Ведение, хранение, систематизация, а также доступ к записям должен осуществляться в соответствии с внутрिलाбораторной системой управления качеством измерений.

4.2 При отнесении объекта радиационного контроля к той или иной категории учитывается следующая информация:

- нормативные требования к объекту контроля;
- характеристики объекта контроля, подтверждающие его соответствие области применимости используемых методов контроля;
- характеристики средств измерений, подтверждающие их готовность к измерениям и соответствие требованиям МИ;
- результаты измерений (расчета) нормируемых величин и величин, на основании которых рассчитывается значение нормируемой величины;
- данные, необходимые для оценки соответствия результатов измерения установленным требованиям к точности результата измерений.

4.3 Сохраняемая информация должна обладать свойствами полноты и метрологической прослеживаемости.

Полнота информации обеспечивается приведением в составе измерительной информации значений всех количественных и качественных характеристик, от которых зависит или может зависеть принимаемое на основании измерительной информации управляющее решение.

Метрологическая прослеживаемость обеспечивается посредством приведения ссылок на документы, подтверждающие факт поверки используемых СИ для прямых измерений, либо факт поверки и калибровки и ссылки на метрологически аттестованные методики измерений для косвенных измерений, а также результаты расчетов, предусмотренных данными методиками.

4.4 В том случае, если измерительная информация используется для решения нескольких задач (например, для текущего контроля за не превышением установленных уровней и для мониторинга состояния объекта), сохраняемая измерительная информация должна обладать свойством полноты по отношению ко всем задачам.

4.5 Результаты измерений могут не сохраняться в виде отчетов или записей в том случае, если они не удовлетворяют установленным требованиям к точности измерений. Управляющие решения на основании таких результатов не принимаются.

Примечание - Если соответствующий регламент контроля или другие требования обязывают к выполнению данного вида измерений, то измерения признанные не удовлетворяющими требованиям точности должны быть проведены повторно с точностью, обеспечивающей возможность принятия управляющих решений.

4.6 Требования к точности результатов измерений формулируются вместе с целью исследований регулирующим органом. При формулировке требований к точности измерений должны использоваться понятия и величины, установленные национальным законодательством.

4.7 При выполнении измерений, цели и требования к точности которых устанавливались международными регулируемыми органами на основании законодательств других стран, следует учитывать различия в определениях используемых для представления измерительной информации величин.

Термины и понятия, используемые международным стандартом ISO 11929-2010, определения которых не имеют однозначных соответствий в национальных метрологических документах, приведены в приложении А.

4.8 При задании требований к точности измерений следует учитывать статистический характер регистрируемых явлений и возможные вариации как самой регистрируемой величины так и величин, характеризующих условия измерений.

5 Обеспечение полноты измерительной информации

5.1 При составлении отчетов следует учитывать тот факт, что результат измерения одновременно является характеристикой объекта контроля, средства измерений и условий измерений.



Рисунок 1 - Составляющие измерительной информации

5.2 Используемый метод радиационного контроля может включать в себя как измерения, проводимые с целью определения значения нормируемой величины, так и измерения, проводимые с целью подготовки СИ или оценки его состояния. Результаты всех измерений должны сохраняться в виде записей или отчетов.

5.3 Записи с результатами, характеризующими состояние СИ должны включать в себя все данные, используемые в критериях оценки состояния СИ.

Примечание - Например, если процедура контроля собственного фона СИ предусматривает сравнение с результатами, полученными при прошлых измерениях фона, то в отчете должны приводиться как полученные в текущем измерении результаты, так и предыдущие результаты измерений.

5.4 При подготовке заключения о состоянии объекта контроля следует указывать величины, характеризующие объект контроля, средство и метод измерений, условия выполнения измерений, требования к точности результата и нормативные требования к объекту контроля.

6 Нормативные требования к объекту контроля

6.1 Нормативные требования к объекту контроля устанавливаются в виде критериев, относящихся либо к (истинному) значению нормируемой величины, либо к результату измерения нормируемой величины.

6.2 В случае, если нормативные требования относятся к значению нормируемой величины, сравнение результатов измерения с контрольными уровнями должно проводиться с учетом неопределенности измерения.

Заключение о состоянии контролируемого объекта, относящееся к области радиационной безопасности, должно приниматься с учетом принципа консервативности с доверительной вероятностью не менее 0,95.

6.3 В случае, если нормативные требования относятся к результату измерения, в нормативных требованиях должны быть указаны требования к точности результата измерения.

6.4 Если в нормативных требованиях не указано явным образом к чему эти требования относятся, либо не приведены требования к точности результата измерения, следует считать, что нормативные требования относятся к значению нормируемой величины, а не к результату измерения.

7 Результат измерения

7.1 При приведении результата измерений следует указывать, как и на основании каких данных он был получен:

первичный результат измерения (показания СИ): Результат, полученный посредством считывания показаний прямо показывающего СИ или расчета согласно МИ в условиях, регламентированных данной МИ.

средний результат измерений: Результат, полученный усреднением нескольких первичных результатов измерения.

исправленный результат измерения: Результат, полученный посредством введения поправок к первичному или среднему результатам измерения согласно МРК.

7.2 Результат измерения всегда должен указываться в виде значения, полученного при измерении, расширенной неопределенности измерения для коэффициента охвата $k=2$ и единиц измерения.

7.3 При указании расширенной неопределенности результата измерения должны приводиться как само значение расширенной неопределенности, так и её случайная (статистическая) составляющая.

Случайная составляющая расширенной неопределенности представляет собой меру разброса возможных значений измеряемой величины, которыми может быть обусловлен наблюдаемый на данном СИ результат измерения.

Расширенная неопределенность представляет собой меру разброса возможных значений, которые по результатам данного измерения и информации о СИ могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Расширенная неопределенность включает в себя случайную составляющую, а также характеристики точности всех параметров, от которых зависит результат измерения, включая неопределенность чувствительности установки и/или другие численные характеристики точности передачи единиц от эталона к СИ.

7.5 Пример записи результата измерения:

“Результат измерения активности ^{137}Cs :

Значение: - 1.2 Бк

Расширенная неопределенность ($k=2$): 8,1 Бк

Статистическая составляющая

расширенной неопределенности ($k=2$): 6,3 Бк

Результат получен посредством считывания показаний прибора ...”

8 Заключение о значении измеряемой величины

8.1 Заключение о значении измеряемой величины оформляется в тех случаях, когда целью измерений является оценка состояния объекта исследований по значению измеряемой величины.

8.2 В заключении о значении измеряемой величины указывают оцененные на основании результатов измерения характеристики распределения возможных значений измеряемой величины, которыми может быть обусловлен наблюдаемый результат измерений.

В качестве характеристик распределения могут указываться:

- наиболее вероятное значение и границы доверительного интервала;
- только границы доверительного интервала.

8.3 Доверительный интервал задается в виде значений двух (нижней и верхней) границ, либо одной границы.

В случае указания только одной из границ указывают, с какой стороны от данной границы (“менее” или “более”) находится истинное значение величины. Например: “Активность ^{137}Cs : менее 8,1 Бк”.

Доверительная вероятность заключения в случае указания двух границ интервала должна составлять 0,95. В случае указания одной из границ – 0,975.

8.4 При указании наиболее вероятного значения границы доверительного интервала задаются посредством указания их смещения относительно наиболее вероятного значения через символ “±”. Например: “Активность радионуклида ^{137}Cs : 12 ± 3 Бк”.

В случае если границы доверительного интервала смещены относительно наиболее вероятного значения не симметрично, указывают смещение каждой из границ в отдельности. Например: “Активность радионуклида ^{137}Cs : 12_{-2}^{+3} Бк”.

8.5 Заключение о значении измеряемой величины должно учитывать физически обусловленные ограничения для данной величины (например, требование не отрицательности или условие не превышения уровня 100 %). Доверительный интервал не может включать в себя значения, лежащие вне физически возможного диапазона значений.

Коррекция отрицательных результатов измерения должна проводиться с учетом требований МИ 2453-2000.

8.6 Следует учитывать тот факт, что наложение физически обусловленных ограничений на получаемое при измерениях распределение результатов приводит к смещению наиболее вероятного или среднего значения данного распределения.

Примечание - Например, при замене отрицательных результатов измерения на нулевые или положительные среднее значение выборки результатов увеличится.

Если измерительная информация накапливается с целью последующего расчета среднего значения или других характеристик распределения, при приведении измерительной информации следует обеспечить возможность расчета несмещенного среднего значения. Это может быть сделано посредством приведения первичных результатов измерения наряду с заключением о значении измеряемой величины.

9 Заключение о состоянии средства измерений

9.1 Заключение о состоянии средства измерений оформляется в тех случаях, когда целью измерений является оценка состояния средства измерений.

9.2 Заключение о состоянии средства измерений формируется на основании рекомендаций, приведенных в технической документации на используемое СИ, методике выполнения измерений, на основании положений внутрилабораторной системы обеспечения качества измерений или программы сличительных испытаний.

9.3 В составе измерительной информации, на основании которой формируется заключение о состоянии средства измерений должны присутствовать первичные результаты измерений. Не должно проводиться цензурирование

результатов измерений с целью учета каких-либо физических ограничений (например, не отрицательности измеряемой величины) .

10 Сравнение результата измерения с контрольным уровнем и принцип консервативности

10.1 Управляющие решения, относящиеся к области безопасности должны приниматься с учетом принципа консервативности. Если контрольный уровень относится к значению измеряемой величины, то его сравнение с результатом измерения должно проводиться с учетом неопределенности измерения.

10.2 В том случае, если в результате измерения верхняя граница доверительного интервала оказалась меньше контрольного уровня, то, по результатам данного измерения может быть выдано однозначное заключение о том, что (истинное) значение измеряемой величины не превышает контрольный уровень.

10.3 В том случае, если в результате измерения нижняя граница доверительного интервала оказалась больше контрольного уровня, то, по результатам данного измерения может быть выдано заключение о том, что значение измеряемой величины превышает контрольный уровень.

10.4 Если же в результате измерения нижняя граница доверительного интервала оказалась меньше контрольного уровня, а верхняя граница – больше, то однозначное заключение о превышении либо не превышении контрольного уровня значением измеряемой величины сделать нельзя.

Если при этом не выполняются установленные требования к точности результата измерения, то измерительную процедуру необходимо повторить в условиях, обеспечивающих большую точность измерения.

Если требования к точности результата выполняются, то заключение о превышении либо не превышении контрольного уровня должно приниматься на основании принципа консервативности – объект контроля должен быть отнесен к категории, соответствующей большей степени опасности.

11 Требования к точности результата измерений

11.1 Требования к точности результата измерений формулируются в виде условий, которым должны удовлетворять характеристики точности результата измерений.

11.2 Основной характеристикой точности измерения является неопределенность результата измерения. В требованиях к точности, использующих неопределенность в качестве характеристики точности может указываться диапазон значений измеряемой величины, для которого эти требования являются актуальными.

Например: В диапазоне значений измеряемой величины меньше контрольного уровня неопределенность результата измерения не должна превышать 30 % от значения контрольного уровня. В диапазоне значений больше контрольного уровня

неопределенность измерения не должна превышать 30 % от значения измеряемой величины.

11.3 При формулировке требований к точности могут использоваться другие величины, определенные национальным законодательством (например, стандартное отклонение результатов измерения).

11.4 Характеристики точности средства измерения (предел погрешности, МИА и т.п.) не могут использоваться в качестве характеристик точности результата измерения.

11.5 Требования к точности измерений, установленные регулируемыми органами других стран, могут использовать понятия уровня обнаружения и предела детектирования. Определения и методы оценки этих величин приведены в приложении А.

Приложение А

Величины, определенные в ISO-11929-2010 и используемые в требованиях к точности измерений

А.1 В приложении используются термины и обозначения, определенные в международном стандарте ISO-11929-2010:

уровень обнаружения (decision threshold): Условное значение измеряемой величины при превышении которого результатом измерения может быть сделано заключение о том, что измеряемый эффект присутствует (значение измеряемой величины достоверно отличается от нуля).

Примечания

1. Уровень обнаружения y^* устанавливают таким образом, чтобы в случае превышения его результатом измерения y можно было утверждать, что с вероятностью не менее $1 - \alpha$ истинное значение измеряемой величины отличается от нуля.

2. В случае, если результат измерения y меньше уровня обнаружения, нельзя достоверно утверждать что измеряемый эффект был зафиксирован равно как и то, что эффект отсутствует.

предел детектирования (detection limit): Наименьшее значение измеряемой величины, для которого с установленной вероятностью $1 - \beta$ будет получен в условиях данного измерения результат превышающий уровень обнаружения y^* .

Примечание: предел детектирования представляет собой наименьшее значение измеряемой величины для которого вероятность того что оно не будет замечено СИ как превышающее уровень обнаружения составляет β .

Обозначения:

y - измеряемая величина;

y^* - уровень обнаружения;

$y^\#$ - предел детектирования;

$u(y)$ – стандартная неопределенность измерения представленная как функция от значения измеряемой величины;

α, β - вероятность ошибки первого и второго рода соответственно.

Примечание - Значения α и β обычно принимаются равными 5 %.

А.2 Уровень обнаружения определяется как (ISO 11929-2010):

$$y^* = k_{1-\alpha} \cdot u(0) \quad (\text{A.1})$$

где

$k_{1-\alpha}$ - квантиль нормального распределения для вероятности $1 - \alpha$, согласно таблице А.1.

$u(0)$ - стандартная неопределенность измерения для измеряемой величины равной нулю;

Таблица А.1 - Значения квантили нормального распределения k_p и соответствующие ей вероятности p .

| k_p | P | k_p | P | k_p | P | k_p | p | k_p | P |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 0,00 | 0,5000 | 0,60 | 0,7258 | 1,20 | 0,8849 | 1,80 | 0,9641 | 2,40 | 0,9918 |
| 0,02 | 0,5080 | 0,62 | 0,7324 | 1,22 | 0,8888 | 1,82 | 0,9656 | 2,42 | 0,9922 |
| 0,04 | 0,5160 | 0,64 | 0,7389 | 1,24 | 0,8925 | 1,84 | 0,9671 | 2,44 | 0,9927 |
| 0,06 | 0,5239 | 0,66 | 0,7454 | 1,26 | 0,8961 | 1,86 | 0,9686 | 2,46 | 0,9930 |
| 0,08 | 0,5319 | 0,68 | 0,7518 | 1,28 | 0,8997 | 1,88 | 0,9700 | 2,48 | 0,9934 |
| 0,10 | 0,5398 | 0,70 | 0,7580 | 1,30 | 0,9032 | 1,90 | 0,9713 | 2,50 | 0,9938 |
| 0,12 | 0,5478 | 0,72 | 0,7642 | 1,32 | 0,9066 | 1,92 | 0,9726 | 2,52 | 0,9941 |
| 0,14 | 0,5557 | 0,74 | 0,7704 | 1,34 | 0,9099 | 1,94 | 0,9738 | 2,54 | 0,9945 |
| 0,16 | 0,5636 | 0,76 | 0,7766 | 1,36 | 0,9131 | 1,96 | 0,9750 | 2,56 | 0,9948 |
| 0,18 | 0,5714 | 0,78 | 0,7823 | 1,38 | 0,9162 | 1,98 | 0,9762 | 2,58 | 0,9951 |
| 0,20 | 0,5793 | 0,80 | 0,7881 | 1,40 | 0,9192 | 2,00 | 0,9772 | 2,60 | 0,9953 |
| 0,22 | 0,5871 | 0,82 | 0,7939 | 1,42 | 0,9222 | 2,02 | 0,9783 | 2,62 | 0,9956 |
| 0,24 | 0,5948 | 0,84 | 0,7996 | 1,44 | 0,9251 | 2,04 | 0,9793 | 2,64 | 0,9959 |
| 0,26 | 0,6026 | 0,86 | 0,8051 | 1,46 | 0,9278 | 2,06 | 0,9803 | 2,66 | 0,9961 |
| 0,28 | 0,6103 | 0,88 | 0,8106 | 1,48 | 0,9306 | 2,08 | 0,9812 | 2,68 | 0,9963 |
| 0,30 | 0,6179 | 0,90 | 0,8159 | 1,50 | 0,9332 | 2,10 | 0,9821 | 2,70 | 0,9965 |
| 0,32 | 0,6255 | 0,92 | 0,8212 | 1,52 | 0,9357 | 2,12 | 0,9830 | 2,72 | 0,9967 |
| 0,34 | 0,6331 | 0,94 | 0,8264 | 1,54 | 0,9382 | 2,14 | 0,9838 | 2,74 | 0,9969 |
| 0,36 | 0,6406 | 0,96 | 0,8315 | 1,56 | 0,9406 | 2,16 | 0,9846 | 2,76 | 0,9971 |
| 0,38 | 0,6480 | 0,98 | 0,8365 | 1,58 | 0,9430 | 2,18 | 0,9854 | 2,78 | 0,9973 |
| 0,40 | 0,6554 | 1,00 | 0,8413 | 1,60 | 0,9452 | 2,20 | 0,9861 | 2,80 | 0,9974 |
| 0,42 | 0,6628 | 1,02 | 0,8461 | 1,62 | 0,9474 | 2,22 | 0,9868 | 2,90 | 0,9981 |
| 0,44 | 0,6700 | 1,04 | 0,8508 | 1,64 | 0,9495 | 2,24 | 0,9874 | 3,00 | 0,9986 |
| 0,46 | 0,6772 | 1,06 | 0,8554 | 1,66 | 0,9515 | 2,26 | 0,9881 | 3,10 | 0,9990 |
| 0,48 | 0,6844 | 1,08 | 0,8599 | 1,68 | 0,9535 | 2,28 | 0,9887 | 3,20 | 0,9993 |
| 0,50 | 0,6915 | 1,10 | 0,8643 | 1,70 | 0,9554 | 2,30 | 0,9893 | 3,30 | 0,9995 |
| 0,52 | 0,6985 | 1,12 | 0,8686 | 1,72 | 0,9573 | 2,32 | 0,9898 | 3,40 | 0,9997 |
| 0,54 | 0,7054 | 1,14 | 0,8729 | 1,74 | 0,9591 | 2,34 | 0,9904 | 3,50 | 0,9998 |
| 0,56 | 0,7123 | 1,16 | 0,8770 | 1,76 | 0,9610 | 2,36 | 0,9909 | 3,60 | 0,9998 |
| 0,58 | 0,7190 | 1,18 | 0,8810 | 1,78 | 0,9625 | 2,38 | 0,9913 | 3,80 | 0,9999 |

А.3 Предел детектирования $y^\#$ определяется из соотношения:

$$y^\# = y^* + k_{1-\beta} \cdot u(y^\#) \quad (\text{A.2})$$

Решение уравнения А.2 проводят итерационным методом с начальным приближением $y^\# = 2 \cdot y^*$.

Примечание - Если для СИ неопределенность в области малых ($y < 2 \cdot y^*$) значений измеряемой величины не зависит от значения измеряемой величины $u(y) \approx \text{Const} = u(0)$, то предел детектирования может быть определен как:

$$y^\# \approx k_{1-\alpha} \cdot u(0) + k_{1-\beta} \cdot u(0) \quad (\text{A.3})$$

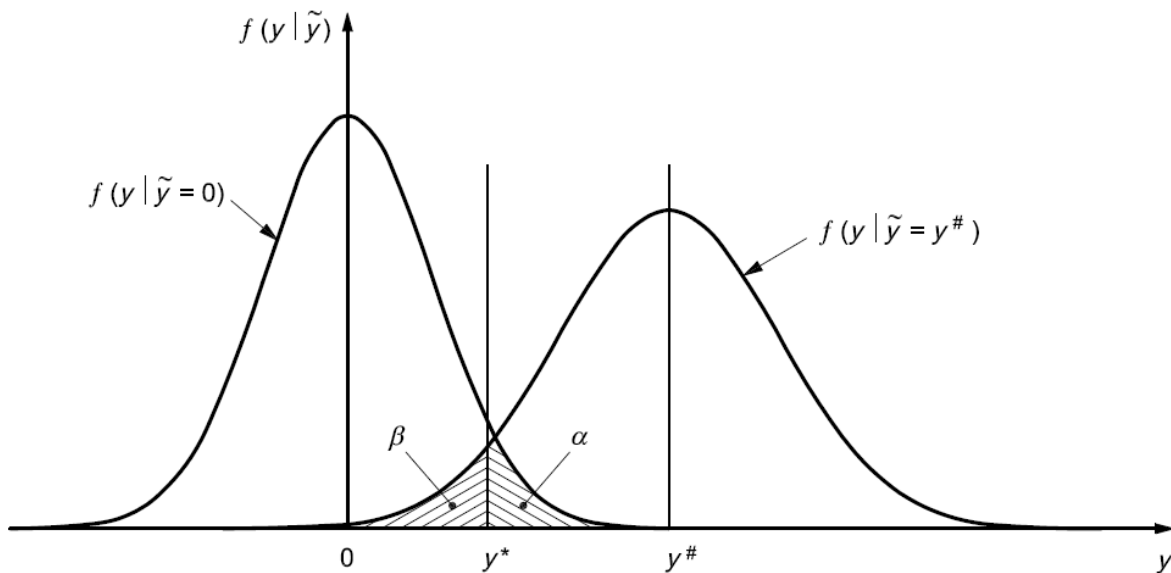


Рисунок А.1 - Иллюстрация связи величин y^* , $y^\#$, α и β . $f(y|\tilde{y})$ – распределение вероятности получения результата измерения y для истинного значения измеряемой величины \tilde{y} .

А.4 Понятия уровня обнаружения и предела детектирования могут использоваться при формулировке требований к точности измерений. При этом указываются значения ошибки первого (α) и второго рода (β).

Для $\alpha = \beta = 0,05$ уровень обнаружения и предел детектирования определяются соотношениями:

$$y^* = 1.65 \cdot u(0) \quad (\text{A.4})$$

$$y^\# = 1.65 \cdot (u(0) + u(y^\#)) \quad (\text{A.5})$$

Где: $u(0)$ – стандартная неопределенность измерения на уровне значения измеряемой величины $y=0$; $u(y^\#)$ - стандартная неопределенность измерения на уровне значения измеряемой величины $y=y^\#$.

Примечание - Традиция использования этих понятий в требованиях к точности измерений сложилась вне отечественной метрологической практики и необходимость их использования диктуется в первую очередь теми измерениями, требования к точности которых разрабатывались за рубежом.

С точностью до постоянного коэффициента уровень обнаружения является неопределенностью измерения на уровне значения измеряемой величины равном нулю (А.4), а предел детектирования (А.5) – неопределенностью на уровне значений, близких к нулю. При сравнении результата измерений с контрольным уровнем требования к точности измерений целесообразно задавать посредством нормирования неопределенности измерений на уровне значения измеряемой величины, близком к контрольному уровню.

Предел детектирования используется не только как величина, нормируемая в требованиях к точности измерения. Наряду с неопределенностью он характеризует уровень точности измерительной процедуры. Неопределенность измерения является мерой точности измерения на уровне значения измеряемой величины равном результату измерения. Предел детектирования характеризует точность, которая была бы получена в данных условиях измерения в случае, если бы значение измеряемой величины было близким к нулю.

Приложение Б (Справочное)

Пример отчета с результатами измерения контрольной пробы с целью оценки работоспособности измерительной установки

Б.1 Постановка задачи:

Б.1.1 Согласно принятой в лаборатории системе контроля качества измерений, на бета-спектрометрической установке, предназначенной для измерений активности ^{90}Sr и ^{40}K , проводятся периодические измерения контрольной пробы, представляющей собой порошок хлористого калия.

Б.1.2 В качестве критерия работоспособности СИ установлено соответствие результата измерений активности ^{40}K опорному значению и отсутствие значимых отклонений от нуля для других радионуклидов, что соответствует одновременному выполнению условий:

$$-D_{90\text{Sr}} < Q_{90\text{Sr}} < D_{90\text{Sr}}$$

$$Q_{40\text{K}}^0 - D_{40\text{K}} < Q_{40\text{K}} < Q_{40\text{K}}^0 + D_{40\text{K}}$$

где:

$Q_{90\text{Sr}}$, $Q_{40\text{K}}$ – измеренные значения удельной активности радионуклидов ^{90}Sr и ^{40}K ;

$Q_{40\text{K}}^0 = 16.3 \text{ Бк/г}$ – опорное значение удельной активности ^{40}K ;

$D_{90\text{Sr}}$, $D_{40\text{K}}$ – допустимые отклонения;

$$D_{40\text{K}} = 1,5 \cdot \sqrt{(Q_{40\text{K}}^0 \cdot 0.1)^2 + U(Q_{40\text{K}})^2}$$

$$D_{90\text{Sr}} = 1,5 \cdot \sqrt{(0,1)^2 + U(Q_{90\text{Sr}})^2}$$

$U(Q_{40\text{K}})$, $U(Q_{90\text{Sr}})$ – расширенная ($k=2$) неопределенность измерения удельной активности ^{40}K и ^{90}Sr .

Б.1.3 Требования к точности измерений: статистическая составляющая неопределенности измерения удельной активности ^{40}K в контрольной пробе не должна превышать $0.1 \cdot Q_{40\text{K}}^0$ или 1.63 Бк/г .

Показания прибора:

| Радионуклид | Результат измерения удельной активности, Бк/г | Расширенная неопределенность, Бк/г | |
|------------------|---|------------------------------------|-----------|
| | | полная | случайная |
| ^{90}Sr | -0.05 | 0.07 | 0.07 |
| ^{40}K | 17.4 | 1.81 | 0.5 |

Требуется: сохранить необходимую измерительную информацию в виде отчета.

Б.2 Измерения проводятся с целью оценки состояния СИ. Цензурирование отрицательного результата измерения может скрыть факт отличия результата измерения ^{90}Sr от нуля на величину большую установленного предела. Для принятия управляющего решения о соответствии состояния СИ установленным требованиям необходимы первичные результаты измерения.

Б.3 Пример отчета об измерении (состав информации сохраняемой в журнале или базе данных):

Объект контроля: средство измерений;

Вид измерений: измерения контрольной пробы KCl;

Дата и время выполнения измерения: 01.01.2015 12:00;

Геометрия измерения: кювета $D=70$ мм;

Масса образца: 10 г;

Средство измерения: Бета спектрометр . . . , серийный номер . . . , свидетельство о поверке № . . . от . . . ;

Режим измерений: "измерения активности ^{90}Sr и ^{40}K ";

Требования к объекту контроля: соответствие показаний СИ п.Х/Х руководства по обеспечению качества измерений;

Продолжительность измерения: 1800 с;

Условия выполнения измерения: МАЭД внешнего гамма-излучения – 0.08 мкЗв/ч;

Первичные результаты измерения:

| Радионуклид | Результат измерения удельной активности Q , Бк/г | Расширенная неопределенность, Бк/г | |
|------------------|--|------------------------------------|--------------------|
| | | Полная $2*U(Q)$ | Случайная $2*u(Q)$ |
| ^{90}Sr | -0.05 | 0.07 | 0.07 |
| ^{40}K | 17.4 | 1.81 | 0.5 |

Результаты измерения удовлетворяют требованиям к точности:

$2*u_{40\text{K}} < 1.63$ Бк/г.

Результаты измерений активности радионуклидов ^{90}Sr и ^{40}K в контрольной пробе находятся в установленных пределах ($-0.18 < Q_{90\text{Sr}} < 0.18$; $13.8 < Q_{40\text{K}} < 18.8$).

Приложение В

(Справочное)

Пример отчета с результатами измерения активности гамма-излучающих радионуклидов инкорпорированных в легкие человека

В.1 Согласно установленному на предприятии регламенту контроля индивидуальных доз внутреннего облучения проводятся измерения содержания радионуклидов ^{60}Co , ^{54}Mn и ^{51}Cr в легких работников предприятия.

Измерения проводятся с целью:

- накопления информации для последующего расчета годовой дозы внутреннего облучения;
- оперативного выявления факта значимого содержания радионуклидов.

В качестве предела годовой дозы для персонала установлено значение 20 мЗв/год. Расчет годовой дозы проводится в конце года по результатам измерений, которые повторяются с периодичностью 180 суток.

Помимо предела годовой дозы на предприятии установлены контрольные уровни по содержанию радионуклидов в легких, соответствующие вкладу в мощность дозы внутреннего облучения на уровне 5% от предела годовой дозы (0.5 мЗв/год):

| Радионуклид | ^{60}Co | ^{51}Cr | ^{54}Mn |
|--|------------------|------------------|------------------|
| Контрольный уровень содержания в легких в Бк, соответствующий мощности дозы внутреннего облучения ¹ 0,5 мЗв/год | 500 | 25000 | 4000 |

Если активность радионуклида в легких превышает контрольный уровень, проводятся мероприятия по установлению причин превышения и дополнительные обследования сотрудников цеха, в котором было выявлено превышение.

Требования к точности результатов измерения, заданные методикой расчета доз внутреннего облучения: предел детектирования активности радионуклида ^{60}Co в легких человека не должен превышать 300 Бк.

Требования к точности результата измерений, заданные регламентом, устанавливающим контрольные уровни: неопределенность измерений не должна превышать 40% от контрольного уровня в диапазоне значений меньше контрольного уровня, или 40% от результата измерений в диапазоне значений больше контрольного уровня.

¹ Значения, приведенные в таблице, иллюстрируют пример использования контрольных уровней и не являются стандартными справочными данными.

В.2 В результате обработки спектра гамма-излучения были получены следующие первичные результаты измерения активности:

| Радионуклид | Результат измерения активности, Бк | Расширенная неопределенность(k=2), Бк | |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| | | Полная | Случайная |
| ⁶⁰ Co | 181 | 124 | 122 |
| ⁵⁴ Mn | 92 | 281 | 280 |
| ⁵¹ Cr | -167 | 1800 | 1800 |

Результаты измерений удовлетворяют установленным требованиям к точности результатов и могут быть зафиксированы в виде отчета или записи в базе данных.

В.3 Расчет годовой дозы внутреннего облучения проводится на основании анализа всех результатов измерения, проводимых в течении года. При этом используются первичные результаты измерения – цензурирование отрицательных результатов приведет к смещению среднегодовой оценки.

Контрольные уровни, соответствующие значимому содержанию, установлены для значения величины, а не для результата измерения, следовательно, факт превышения контрольного уровня должен устанавливаться на основании заключения о значении измеряемой величины с учетом принципа консервативности.

В составе измерительной информации приводим первичные результаты измерения и заключение о значении измеряемой величины.

В.4 Пример отчета об измерении (состав информации сохраняемой в журнале или базе данных):

Ф.И.О. : Иванов И.И.;

Идентификационный номер: YY.YYY

Рост: 180 см

Вес: 75 кг

Вид измерений: спектрометрические измерения активности гамма-излучающих радионуклидов в легких;

Дата и время выполнения измерения: 01.05.2015 12:00;

Геометрия измерения: легкие;

Средство измерения: Спектромер излучения человека . . . , серийный номер . . . ,
свидетельство о поверке № . . . от . . . , последние измерения фона
проводились 25.04.2015, последняя энергетическая калибровка – 01.05.2015
11:00;

Продолжительность измерения: 300 с;

Условия выполнения измерения: МАЭД внешнего гамма-излучения – 0.08 мкЗв/ч;

Таблица 1. Первичные результаты измерения (показания прибора):

| Радионуклид | Результат измерения активности, Бк y | Расширенная неопределенность ($k=2$), Бк | | Предел детектиро- вания $y^{\#}$ |
|------------------|---|---|-----------------------|---|
| | | полная $2*U(y)$ | случайная $2*u(y)$ | |
| ^{60}Co | 181 | 124 | 122 | 190 |
| ^{54}Mn | 92 | 281 | 280 | |
| ^{51}Cr | -167 | 1800 | 1800 | |

Таблица 2. Заключение о значении измеряемой величины и контрольные уровни:

| Измеряемая величина, ед. измерения | Доверительный интервал ($P_{\text{дов}}=0.95$) $\hat{y} \pm 2*U(\hat{y})$ или менее $y^>$ | Контрольный уровень, y_r |
|--|--|-------------------------------|
| Активность ^{60}Co | 181 ± 124 | 500 |
| Активность ^{54}Mn | менее 373 | 4000 |
| Активность ^{51}Cr | менее 1800 | 25000 |

Результаты измерения удовлетворяют требованиям к точности: $y^{\#}_{^{60}\text{Co}} < 300$ Бк;
 $2*U(y) < 0.4 * y_r$.

С доверительной вероятностью 0.95 значения активности радионуклидов не
превышают контрольный уровень, соответствующий мощности дозы
внутреннего облучения 0.5 мЗв/год.

Обозначения, используемые в отчете:

y - первичный результат измерения. Соответствует понятию "показания прибора" в МИ 2453-
2000, "primary measurement result" в стандарте ISO 11929;

\hat{y} - наилучшая неотрицательная оценка результата измерения. Соответствует понятию "результат измерения" в МИ 2453-2000, "best estimate of the measurand" в ISO 11929, обозначению Q в ГОСТ Р 54016-2010 и 54017-2010;

$2^*u(y)$ - статистическая составляющая расширенной ($P=0.95$) неопределенности измерения величины y ;

$2^*U(y)$ - расширенная ($P=0.95$) полная неопределенность измерения величины y ;

$y^>$ - верхняя граница доверительного интервала, в котором с вероятностью 95% находится истинное значение измеряемой величины. Соответствуют обозначению R_{max} в МИ 2453-2000;

y_r - контрольный уровень;

$y^\#$ - предел детектирования. Соответствует понятию "detection limit" в ISO 11929.

Приложение Г. (Справочное)

Пример отчета с результатами измерения активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в образце пищевой продукции

Г.1 Измерения пищевой продукции проводятся с целью определения соответствия требованиям ГОСТ 32161-2013 и ГОСТ 32163-2013, согласно которым нормируемой величиной является критерий соответствия В, рассчитываемый на основании измеренных значений удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Требования к точности измерений задаются одновременно с критериями нормирования: в случае, если верхняя граница доверительного интервала для критерия соответствия В оказалась выше нормируемого значения $V=1$, а нижняя граница – ниже, то “ бракование продукта возможно, если результаты измерений удельной активности радионуклидов в пробе удовлетворяют условию точности $\Delta V \leq 0.3$ ” [3]. В противном случае точность измерения признается недостаточной для однозначного принятия решения о соответствии продукции.

Г.2 В лаборатории были проведены: одно измерение удельной активности ^{137}Cs в веществе пробы и два измерения удельной активности радионуклида ^{90}Sr в образце, приготовленном из вещества пробы методом физического концентрирования.

Г.3 Пример отчета об измерении (состав информации сохраняемой в журнале или базе данных):

1. Исходные данные о пробе и счетном образце:

Код пробы: 1
Вид продукции: Зерно

Измерения проводились на установке спектрометрической _____.
Свидетельство о поверке № _____ от _____.

2. Бета-спектрометрический тракт. Результаты измерений:

Метод подготовки счетного образца: Физическое концентрирование (озоление)
Масса вещества пробы, пошедшая в анализ, г: 100
Масса концентрата, г: 10

Масса счетного образца, г: 10
Дата измерения: 28.04.2014
Геометрия измерения Кювета_D70
Количество измерений 2

Таблица 1. Первичные результаты измерения – значения удельной активности бета-излучающих радионуклидов в материале исходной пробы:

| Радионуклид, ед.изм. | Дата и время выполнения измерения | Продолжительность измерения, с | Первичный результат измерения (показания прибора) | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|--------|--------|
| | | | y | 2*u(y) | 2*U(y) |
| ⁴⁰ K, Бк/кг | 28.04.2014 12:33 | 1800 | 8.0 | 15.9 | 15.9 |
| | 28.04.2014 15:07 | 1000 | -3 | 23.3 | 23.3 |
| ⁹⁰ Sr, Бк/кг | 28.04.2014 12:33 | 1800 | -2.1 | 6.1 | 6.1 |
| | 28.04.2014 15:07 | 1000 | 1.4 | 9.3 | 9.3 |

3. Гамма-спектрометрический тракт. Результаты измерений:

Метод подготовки счетного образца: Не проводилась (измерение нативного вещества пробы)
Масса вещества пробы, пошедшая в анализ, г: 1000
Дата измерения: 28.04.2014 14:02
Продолжительность измерения, с: 1800
Геометрия измерения: Сосуд Маринелли 1 л.
Количество измерений: 1

Таблица 2 – Первичные результаты измерения – значения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в материале исходной пробы:

| Радионуклид, ед.изм. | Первичный результат измерения (показания прибора) | | |
|--------------------------|---|--------|--------|
| | y | 2*u(y) | 2*U(y) |
| ¹³⁷ Cs, Бк/кг | 9.1 | 3.2 | 3.3 |
| ⁴⁰ K, Бк/кг | 12.1 | 20.9 | 21.0 |
| ²²⁶ Ra, Бк/кг | -4.0 | 6.3 | 6.3 |
| ²³² Th, Бк/кг | 2.0 | 5.8 | 5.8 |

4. Заключение о значении измеряемых величин.

Таблица 3. Границы доверительного интервала ($P=0.95$) и контрольные уровни.

| Измеряемая величина, ед. измерения | \hat{y} | $2*U(\hat{y})$ | Доверительный интервал ($P_{до\epsilon}=0.95$) $\hat{y} \pm 2*U(\hat{y})$ или менее $y^>$ | Норматив, u_r |
|---|-----------|----------------|--|-----------------|
| Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг | 9.1 | 3.2 | 9.1 ± 3.2 | 60 |
| Удельная активность ^{90}Sr , Бк/кг | 0 | 5.6 | менее 5.6 | 11 |
| Критерий соответствия В, безразмерный | 0.15 | 0.51 | менее 0.66 | 1 |

Обозначения, используемые в отчете:

y - первичный результат измерения;

$\langle y \rangle$ - среднее значение нескольких наблюдаемых результатов;

\hat{y} – физически корректный (не отрицательный) результат измерения;

$2*u(y)$, $2*u(\langle y \rangle)$, $2*u(\hat{y})$ - статистическая составляющая расширенной неопределенности ($k=2$) величин y , $\langle y \rangle$, \hat{y} ;

$2*U(y)$, $2*U(\langle y \rangle)$, $2*U(\hat{y})$ - расширенная полная неопределенность ($k=2$) величин y , $\langle y \rangle$, \hat{y} ;

$y^<$, $y^>$ - левая и правая границы доверительного интервала, в котором с вероятностью 95 % находится истинное значение измеряемой величины;

u_r – норматив.

Библиография

- [1] МИ 2453-2000 «Методики радиационного контроля. Общие требования». Утв. ГНМЦ ВНИИФТРИ 21.11.2000 г. Зарегистрирована ВНИИМС 29.11.2000 г.
- [2] ISO 11929-2010 «Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application»
- [3] ГОСТ 32161-2013 Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137
- [4] ГОСТ 32163-2013 Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90

УДК 620.267:53.08:006.354

ОКС 27.120

Ключевые слова: результат измерения, радиационный контроль, предел детектирования

Генеральный директор
ООО «НТЦ Амплитуда»

С.А. Ермилов

Руководитель отдела
метрологии

С.В. Коростин

Руководитель разработки,
заместитель генерального
директора ООО «НТЦ Амплитуда»
по научной работе

С.Ю. Антропов

Исполнители

А.П. Ермилов

Н.А. Комаров