
**Измерение радиоактивности в
окружающей среде. Почва.**

Часть 3.

**Измерение гамма-излучающих
изотопов**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Measurement of radioactivity in the environment — Soil —
Part 3: Measurement of gamma-emitting radionuclides*

ISO 18589-3:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO 18589-3:2007(R)

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на установку интегрированных шрифтов в компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe - торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18589-3:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>



ДОКУМЕНТ ОХРАНЯЕТСЯ АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2007

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 734 09 47
E-mail copyright@iso.org

Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	iv
Введение	v
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и символы	2
4 Сущность метода	3
5 Гамма-спектрометрическое оборудование	3
6 Контейнер для проб	4
7 Методика	5
7.1 Упаковывание проб с целью измерения	5
7.2 Фоновый уровень в лаборатории	5
7.3 Калибровка	6
7.4 Измерение и введение поправок для природных радионуклидов	7
8 Обработка результатов	7
8.1 Расчет активности на единицу массы	7
8.2 Стандартная неопределенность	9
8.3 Порог принятия решения	10
8.4 Предел чувствительности	10
8.5 Доверительные пределы	11
8.6 Поправки на вклад от других радионуклидов и фона	11
9 Протокол испытания	13
Приложение А (информативное) Расчет активности на единицу массы по гамма-спектру, используя вычитание линейного фона	15
Приложение В (информативное) Анализ природных изотопов в пробах почвы с помощью гамма-спектрометрии	17
Библиография	23

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) представляет собой всемирную федерацию, состоящую из национальных органов по стандартизации (комитеты-члены ISO). Работа по разработке международных стандартов обычно ведется Техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в теме, для решения которой образован данный технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, поддерживающие связь с ISO, также принимают участие в работе. ISO тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, установленными в Части 2 Директив ISO/IEC.

Основное назначение технических комитетов заключается в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые Техническими комитетами, направляются комитетам-членам на голосование. Для их опубликования в качестве международных стандартов требуется одобрение не менее 75 % комитетов-членов, участвовавших в голосовании.

Внимание обращается на тот факт, что отдельные элементы данного документа могут составлять предмет патентных прав. ISO не несет ответственность за идентификацию каких-либо или всех подобных патентных прав.

ISO 18589-3 был разработан Техническим комитетом ISO/TC 85, *Ядерная энергия*, Подкомитетом SC 2, *Защита от радиации*.

ISO 18589 состоит из следующих частей под общим названием *Измерение радиоактивности в окружающей среде*. Почва: <http://www.iso.org/iso/18589-3-2007>

— *Часть 1. Общее руководство и определения*

Следующие части находятся в стадии разработки:

— *Часть 2. Стратегия отбора проб, выборочный контроль и предварительная обработка проб*

— *Часть 3. Измерение гамма-излучающих радионуклидов*

— *Часть 4. Измерение изотопов плутония (плутоний 238 и плутоний 239+240) с помощью альфа-спектроскопии*

— *Часть 5. Измерение стронция 90*

— *Часть 6. Измерения общего альфа- и бета- излучений*

Введение

Настоящий международный стандарт опубликован в нескольких частях, которые можно использовать вместе или по отдельности по мере необходимости. Части 1 – 6, касающиеся измерений радиоактивности почвы, были разработаны одновременно. Эти части являются дополнительными и адресованы тем, кто отвечает за определение радиоактивности почвы. Первые две части являются общими по характеру. Части 3 – 5 связаны с радионуклид-специфическими измерениями, а Часть 6 с неспецифическими измерениями общих альфа и бета-излучений.

К ISO 18589 могут быть разработаны дополнительные части в будущем, если потребуется стандартизация измерения других радионуклидов.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18589-3:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>

Измерение радиоактивности в окружающей среде. Почва.

Часть 3.

Измерение гамма-излучающих изотопов

1 Область применения

Настоящая часть ISO 18589 устанавливает требования к идентификации и измерению активности в почвах целого ряда гамма-излучающих радионуклидов с помощью гамма-спектрометрии. Данный неразрушающий метод, применяемый к пробам большого объема (примерно до 3 000 см³), охватывает определение в отдельном измерении всех присутствующих γ -излучателей, для которых энергия фотона составляет от 5 кэВ до 3 МэВ.

Настоящая часть ISO 18589 может применяться испытательными лабораториями, выполняющими регулярные измерения радиоактивности, поскольку большинство радионуклидов характеризуется испусканием гамма-лучей в пределах от 40 кэВ до 2 МэВ.

Настоящая часть ISO 18589 подходит для наблюдения за окружающей средой и контроля определенной зоны, а также позволяет, в случае аварий, быстро оценить гамма-активность.

2 Нормативные ссылки

[ISO 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

Нижеследующие документы являются обязательными для применения данного документа. Для датированных ссылок действительно только указанное издание. В случае недатированных ссылок используется последняя редакция документа, на который дается ссылка (включая все изменения).

ISO 31-9, *Величины и единицы. Часть 9. Атомная и ядерная физика*

ISO 10703, *Качество воды. Определение активной концентрации радионуклидов с помощью рентген-спектрометрии с высоким разрешением*

ISO 11074, *Качество почвы. Словарь*

ISO/IEC 17025, *Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий*

ISO 18589-1, *Измерение радиоактивности окружающей среды. Почва. Часть 1. Общее руководство и определения*

ISO 18589-2, *Измерение радиоактивности окружающей среды. Почва. Часть 2. Руководство по выбору стратегии пробоотбора, отбору проб и предварительной обработке проб*

Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM), BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML

3 Термины, определения и символы

Применительно к данному документу используются термины, определения и обозначения, приведенные в ISO 18589-1, ISO 11074, ISO 31-9 и ISO 10703, а также следующие обозначения.

m	Масса образца для анализа (навески), в килограммах
A	Активность каждого радионуклида эталонного источника, за эталонное время, в беккерелях
a, a_c	Активность, в беккерелях на килограмм, на единицу массы каждого радионуклида, с поправками и без поправок
t_g	Время счета импульсов спектра образца, в секундах
t_0	Время счета импульсов спектра окружающего фона, в секундах
t_s	Время счета импульсов эталонного спектра в секундах
$n_{N,E}, n_{N0,E}, n_{Ns,E}$	Число импульсов в рабочей площади пика, при энергии, E , в спектре образца, спектре фона и эталонном спектре, соответственно
$n_{g,E}, n_{g0,E}, n_{gs,E}$	Число импульсов в общей площади пика, при энергии, E , в спектре образца, спектре фона и эталонном спектре, соответственно
$n_{b,E}, n_{b0,E}, n_{bs,E}$	Число импульсов в пике фона, при энергии, E , в спектре образца, спектре фона и эталонном спектре, соответственно
ε_E	Эффективность детектора при энергии, E , при реальной геометрии измерения
P_E	Вероятность испускания гамма-излучения с энергией, E , для каждого радионуклида, на распад
$\mu_1(E), \mu_2(E)$	Линейный коэффициент затухания при энергии фотона, E , образца и эталонного источника, соответственно, на сантиметр
$\mu_{m,i}(E)$	Массовый коэффициент затухания, в квадратных сантиметрах на грамм, при энергии фотона, E , i -того элемента
h	Уровень (высота) пробы в контейнере, в сантиметрах
w_i	Массовая доля i -того элемента (безразмерная величина)
ρ	Насыпная плотность, в граммах на кубический сантиметр, пробы
λ	Константа распада каждого радионуклида, в секунду
$u(a), u(a_c)$	Стандартная неопределенность, в беккерелях на килограмм, связанная с результатом измерения с поправками или без поправок, соответственно
U	Расширенная неопределенность, в беккерелях на килограмм, рассчитанная по формуле $U = k \cdot u(a)$ with $k = 1, 2, \dots$
a^*, a_c^*	Порог принятия решения, в беккерелях на килограмм, для каждого радионуклида, с поправками и без поправок, соответственно
$a^\#, a_c^\#$	Предел чувствительности, в беккерелях на килограмм, для каждого радионуклида, с поправками и без поправок, соответственно
$a^\triangleleft, a^\triangleright$	Нижние и верхние пределы доверительного интервала, для каждого радионуклида, в беккерелях на килограмм

4 Сущность метода

Активность гамма-излучения радионуклидов в образцах почвы определяют с помощью техники гамма-спектрометрии, основанной на анализе энергий и площадей пиков полноэнергетических пиков линий гамма. Такая техника позволяет произвести идентификацию и количественную оценку радионуклидов [1], [2].

Характер и геометрия детекторов, а также образца требует соответствующей энергии и эффективности калибровки [3], [4], [5]. Если используются чашечные детекторы для измерения образца небольшой массы, необходимо уделить специальное внимание, чтобы учесть эффекты совпадения и суммирования (см. 8.1.4).

ПРИМЕЧАНИЕ Детекторы на основе иодида натрия можно использовать для измерения радиоактивности почвы только в определенных случаях. Поэтому настоящая часть ISO 18589 рассматривает исключительно гамма-спектрометрию с использованием полупроводниковых детекторов.

5 Гамма-спектрометрическое оборудование

Оборудование для гамма-спектрометрии обычно включает

- полупроводниковый детектор с системой охлаждения (жидкий азот, криогенный узел, и т.д.),
- экран, состоящий из свинца и /или других материалов, защитный от окружающей радиации,
- соответствующая электроника (источник питания; высоковольтный, Система усиления сигнала; an аналогово-цифровой преобразователь),
- многоканальный амплитудный анализатор,
- персональный компьютер для вывода на дисплей данных спектральных измерений и обработки этих данных.

Полупроводниковые детекторы, которые обычно используются, изготовлены из кристаллов германия высокой чистоты (HP Ge). Тип и геометрия этих детекторов определяет их область применения. Например, при детектировании фотонов с энергией ниже 400 кэВ, рекомендуется применение детекторов с тонким кристаллом, чтобы ограничить влияние фотонов высокой энергии. Однако, лучше использовать коаксиальный детектор большого объема, Р-типа для измерения фотонов высокой энергии (выше 200 кэВ) или N-типа коаксиальный детектор для определения излучения как высокой, так и низкой энергии.

На уровне естественной радиоактивности, выгодно для измерения использовать прибор для измерения слабых сигналов, т.е. при определенном выборе материалов для детектора и экрана такую установку, которая гарантирует очень низкий уровень фона. Сюда входит: электронные предусилители усилители с очень низким уровнем шумов. Защитный экранирующий короб должен быть достаточно большим, чтобы соблюдать достаточное расстояние от всех стенок детектора в сборе, расположенного в центре короба, если анализируют образцы 1-л. Это позволяет использовать помещение с очень низкой специфической активностью строительных материалов и выбрать очень низкую концентрацию радона в воздухе комнаты. Оптимальным вариантом является поднятие измерительных приборов на уровень середины комнаты с максимально возможным расстоянием до стен комнаты. Принудительная вентиляция помещения для измерения может способствовать стабилизации фонового уровня. С другой стороны, принудительная вентиляция может вызвать такие проблемы, когда втягиваемый снаружи воздух содержит избыток радона в результате нагревания почвы (например, когда почва оттаивает весной). Рекомендуется заполнить внутреннюю часть экранирующего короба азотом. Для этого можно постоянно пропускать газообразный азот, выходящий из колбы Дьюара установки детектора.

Основными характеристиками, которые позволяют оценить показатели детектора, являются следующие:

- a) энергетическое разрешение (полная ширина на середине высоты пика полной энергии), которое позволяет детектору разделить два соседних гамма-пика;
- b) абсолютная эффективность, которая устанавливает процент фотонов, обнаруженных в пике полной энергии относительно числа излученных фотонов;
- c) пик-комптоновское отношение.

В зависимости от требуемой точности и желаемого предела чувствительности, обычно требуется использовать высококачественные детекторы, разрешение энергии которых меньше 2,2 кэВ (для пика ^{60}Co при 1,332 кэВ) и с пик-комптоновским соотношением от 50 до 80 для ^{137}Cs .

Некоторые природные радионуклиды, например, ^{210}Pb и ^{238}U через ^{234}Th , можно измерить только посредством гамма-линий в энергетическом диапазоне 100 кэВ. В этом случае, рекомендуется использование детектора N-типа. Низкоэнергетические низкоуровневые детекторы, предлагаемые изготовителями, оптимизированы для данной цели и могут быть дополнительно использованы в других областях мониторинга окружающей среды, например, для измерений ^{129}I и ^{241}Am в пробах почвы, отобранных вблизи ядерных установок.

Необходимо тщательно подбирать компьютер в сочетании с имеющимся аппаратным и программным обеспечением [6], [7]. Рекомендуется, чтобы результаты компьютерного анализа спектра регулярно визуально проверялись.

Рекомендуется сравнение с аттестованным стандартным образцом для проверки рабочих показателей аппаратуры. Участие в квалификационных и межлабораторных испытаниях, а также в межлабораторных сличениях также поможет в проверке рабочих показателей аппаратуры и подтверждении статуса анализа [10], [11].

ISO 18589-3:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>

6 Контейнер для проб

Измерение гамма-излучения в почве требует применения таких контейнеров для проб, которые подходят для гамма-спектрометрии. Такие контейнеры должны обладать следующими характеристиками:

- изготавливаться из материалов с низким поглощением гамма-излучения;
- иметь объемы, адаптированные к форме детектора для максимальной эффективности;
- быть водонепроницаемыми и не реагировать с составляющими пробы;
- иметь широкую горловину, чтобы облегчить заполнение емкости, и воздухонепроницаемую крышку;
- материал должен быть нейтральным.

Чтобы легко проверить, что содержимое контейнера соответствует геометрии стандартного счетчика, можно выбрать прозрачный контейнер с меткой для проверки наполнения.

7 Методика

7.1 Упаковывание проб с целью измерения

Пробы почвы, упакованные для гамма-спектрометрии, обычно просушены, измельчены и гомогенизированы в соответствии с ISO 18589-2.

Методику выполняют следующим образом.

- a) Выбирают контейнер, который наилучшим образом подходит для объема пробы, так чтобы измерить, по возможности, максимальное количество материала. Чтобы снизить эффекты самопоглощения, уровень высоты содержимого должен быть минимальным.
- b) Наполняют контейнер до уровня отметки объема. Рекомендуется использовать механическое устройство для наполнения (например, вибрационный стол), чтобы уплотнить пробу и избежать возможных потерь объема в будущем.
- c) Регистрируют массу пробы. Эта информация потребуется при использовании измерений для выражения результата в виде удельной активности и при введении поправок на самопоглощение.
- d) Визуально проверяют верхний уровень пробы, чтобы убедиться в его горизонтальности перед измерением. Там где можно, добавляют материал к пробе, пока не будет достигнута метка, и соответствующим образом корректируют массу пробы.
- e) Герметично закупоривают контейнер, если предполагается измерять летучие или природные радионуклиды.
- f) Очищают наружную сторону контейнера, чтобы удалить потенциальное загрязнение, полученное при наполнении контейнера.

Если измерения надо осуществить быстро, метод обработки, описанный в ISO 18589-2, можно опустить. Это необходимо отметить в протоколе испытания, а результаты нельзя выражать в беккерелях на килограмм сухой почвы.

При измерении Rn-222 посредством продуктов распада Ra-226, закупоренный контейнер необходимо выдержать в течение достаточно длительного времени, чтобы достичь радиоактивного равновесия.

7.2 Фоновый уровень в лаборатории

Поскольку некоторые радионуклиды, обнаруживаемые в почве (см. Приложение В) являются такими же, как и в строительных материалах, детектор и образец почвы необходимо адекватно экранировать от естественной фоновой радиации. Зачастую бывает достаточно защитить детектор с помощью короба со свинцовыми стенками 10-сантиметровой толщины. Желательно уменьшение радона за экраном. Дополнительную информацию можно найти в ссылках [1], [2].

Природные радионуклиды и продукты их распада широко представлены в больших диапазонах концентрации в полах, стенах, потолках, воздухе помещений для измерения и в материалах, из которых изготовлены детекторы и защитные экраны.

Существуют изотопы цепочки распада инертного газа радона, излучение которого из материалов, окружающих измерительные приборы, зависит от различных физических параметров. Таким образом, в воздухе помещения, где производится измерение, и воздухе внутри защитного экрана детектора могут возникнуть значительные флуктуации в концентрации радона и продуктов его распада. С этой проблемой обычно сталкиваются в подвалах старых зданий с поврежденными полами.

Фон измерительных приборов должен сохраняться, по возможности, низким и, в частности, по возможности, стабильным с помощью соответствующих мер. Сюда входит вакуумирование защищенного экраном объема и удаление пыли путем фильтрования. Частые замеры уровня фона позволяют подтверждать его стабильность. Это необходимо, поскольку пики фонового спектра должны вычитаться из пиков спектра образца почвы.

7.3 Калибровка

7.3.1 Калибровка энергии

Калибровку энергии осуществляют с помощью источников радионуклида с различными спектральными линиями испускания (например, ^{152}Eu) или источники, содержащие смесь различных радионуклидов. Такая калибровка позволяет установить взаимосвязь между номерами каналов анализатора и известной энергией фотонов [12], [13], [14]. Обычно такую задачу выполняет специальная программа, которая использует стандартные спектры для автоматического преобразования масштаба каналов многоканального анализатора в шкалу энергии фотона и записи полезной информации, необходимой для будущих анализов. Путем использования стандартных спектров энергии можно определить полную ширину на середине максимума пиков полной энергии как функцию гамма-энергии. Эту информацию обычно требует программа спектрометрического анализа.

Дополнительную информацию можно найти в ISO 10703 и ссылках [8] и [9].

7.3.2 Калибровка эффективности

Калибровку эффективности осуществляют либо путем расчетов *ab initio* эффективности детектора, используя теорию переноса и метод Монте-Карло (не рассматривается в данной части ISO 18589), либо используя источник радионуклидов, имеющих различные спектральные линии испускания, или источник смешанных радионуклидов. Такая калибровка позволяет установить эффективность (чувствительности) детектора как функцию энергии излучения.

Если для калибровки используется источник радионуклидов, имеющих различные спектральные линии испускания, следует учитывать эффекты суммирования или потери на совпадение.

Измерение образца должно выполняться в тех же самых условиях измерения, которые применялись при калибровке гамма-спектрометрической системы. В частности, идентичными должны быть установочные параметры электроники (напряжение усиления или высокое напряжение), геометрия измерения, расположение источника по отношению к детектору и образцу и стандартные матрицы.

С этой целью стандартный (калибровочный) источник должен иметь физические и химические свойства аналогичные свойствам образца. Это можно, например, получить путем получения пиков соответствующего образца почвы.

В таких условиях, эффективность при энергии E должна быть рассчитана в соответствии с Формулой (1):

$$\varepsilon_E = \frac{n_{\text{Ns},E} / t_s}{A \cdot P_E} \quad (1)$$

Для ненарушенного пика при энергии E , одиночный импульс, $n_{\text{Ns},E}$, в рабочей площади пика γ -спектра рассчитывают по Формуле (2):

$$n_{\text{Ns},E} = n_{\text{gs},E} - n_{\text{bs},E} \quad (2)$$

Если физический и химический характер образца (химический состав, насыпная плотность) отличается условий калибровки эффективности, следует ввести поправку на самопоглощение гамма-излучения.