

Минимальная измеряемая активность.

Понятие и использование в радиометрии

Е. И. ГРИГОРЬЕВ, Э. К. СТЕПАНОВ, В. И. ФОМИНЫХ, И. А. ХАРИТОНОВ, В. П. ЯРЫНА

Рассмотрено понятие, широко используемое на практике для оценки возможности применения радиометрической аппаратуры при радиоэкологическом мониторинге объектов окружающей среды, материалов и изделий. Единообразная трактовка этого понятия важна для достижения сопоставимости характеристик средств измерений.

Особенность массовых радиометрических измерений, выполняемых с целью радиоэкологического мониторинга окружающей среды и контроля радиационной безопасности сырья, материалов и продукции, состоит в необходимости измерять малые активности, для которых скорости счета (показания) радиометрических установок незначительно превышают фоновые значения. Метрологическим параметром конкретной радиометрической установки (радиометра), позволяющим наглядно характеризовать ее применимость для измерения малых активностей, является «минимальная измеряемая активность» (МИА).

Смысл МИА не требует каких-либо пояснений. Однако значение этого параметра обуславливается совокупностью факторов (условий) и, в частности, принятой доверительной погрешностью результата измерений, продолжительностью измерения, значением фоновой скорости счета радиометра. Неудачное назначение этих условий, а тем более их неуказание при задании МИА приводит к существенному искажению действительных возможностей радиометра и дезориентации пользователя.

В настоящей статье рассмотрен вариант стандартизованного задания МИА для радиометрических установок

(радиометров), реализуемый с 1994 г. при их государственной сертификации (метрологической аттестации) в НПО ВНИИФТРИ и НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Для определенности математических выражений данный вопрос освещен на примере радиометра, для которого измеряемая активность A , в беккерелях, радионуклида в образце определяется как разность скорости счета n радиометра при измерении образца и фоновой скорости счета радиометра n_{ϕ} :

$$A = n_x / \varepsilon,$$

где $n_x = n - n_{\phi}$, s^{-1} ; ε — чувствительность радиометра, $(\text{Бк}\cdot\text{с})^{-1}$.

Относительную доверительную случайную (статистическую) погрешность δ_x такого измерения можно оценить по соотношению:

$$\delta_x = p t \frac{\sqrt{n/\tau + n_{\phi}/\tau}}{n - n_{\phi}},$$

где $p t$ — коэффициент, приводящий результат к доверительной вероятности p ; τ — продолжительность измерения (время экспозиции), с.

Обозначим N_x — зарегистрированное за время τ число отсчетов радиометра, обусловленных измеряемой активностью образца ($N_x = n_x \tau$) и выразим его в единицах среднего квадратического отклонения (СКО) числа фоновых отсчетов радиометра за то же время: $N_x = \beta \sqrt{N_{\phi}}$. Тогда $n_x = \beta \sqrt{N_{\phi}} / \tau$, а погрешность результата

$$\delta_x = \frac{p t}{\beta} \sqrt{2 + \beta / \sqrt{N_{\phi} \tau}}.$$

С учетом малости второго члена под корнем

$$\beta = \frac{p t \sqrt{2}}{\delta_x} \left(1 + \frac{p t}{2 \delta_x \sqrt{2 N_{\phi} \tau}} \right).$$

Определим стандартные условия задания МИА следующим образом: $p = 0,95$ ($p t = 1,96$); $\delta_x = 50\%$ (0,5) и $\tau = 1$ ч (3600 с). Тогда $\beta = 5,54(1 + 0,023 \sqrt{N_{\phi}})$, для практиче-

ских целей можно принять $\beta = 6$. Соответствующая этим условиям скорость счета радиометра $n_x(1,50) = 0,1 \sqrt{N_{\phi}}$, минимальная измеряемая активность

$$A(1,50) = 0,1 \sqrt{N_{\phi}} / \varepsilon. \quad (1)$$

Таким образом, МИА как стандартизованный параметр радиометра — это значение активности образца, которое можно измерить данным радиометром за время 1 ч со статистической погрешностью 50 % при доверительной вероятности 0,95. Значение МИА в сертификате (свидетельстве) радиометра должно сопровождаться указанием значения регламентированной фоновой скорости счета радиометра, для которого получена оценка МИА.

Аттестованное значение МИА можно пересчитать к другим условиям измерений по соотношению

$$A(\tau, \delta) = A(1,50) 50 / (\delta \sqrt{\tau}),$$

где погрешность δ задана в процентах, а τ — в часах.

Используя параметр МИА, можно оценить продолжительность измерения образца с активностью A_x , необходимую для достижения статистической погрешности результата измерений δ_x :

$$\tau = \frac{2500}{\delta_x^2} \left(\frac{A(1,50)}{A_x} \right)^2 \left(1 + \frac{A_x / A(1,50) - 1}{1 + 200 A(1,50) \varepsilon} \right).$$

Здесь также δ задана в процентах, τ — в часах.

В заключение следует подчеркнуть, что МИА — идеализированный параметр радиометра. Реальная погрешность измерения МИА будет превышать 50 %, ибо при изложенных выше рассуждениях не учитывалась погрешность градуировки радиометра и другие источники погрешности. Следует также обратить внимание, что в отношении (1) величина n_{ϕ} , строго говоря, кроме собственно фоновой скорости счета радиометра должна включать скорость счета от фоновых (неизмеряемых) радионуклидов в образце. Таким образом, для одного и того же измеряемого радионуклида в разных материалах значения МИА должны различаться.

информация

ВНИМАНИЮ РАЗРАБОТЧИКОВ, ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ!

Предоставляем комплекс информационных услуг на основе данных Государственного реестра средств измерений, прошедших испытания:

- данные о включенных и исключенных СИ по годам и тематическим направлениям,
- краткие технические характеристики средств измерений как в виде разовых запросов, так и по техническим рубрикам и видам измерений,
- данные по импортируемым типам СИ, допущенным к применению в стране,
- тематические перечни СИ,
- адреса разработчиков и изготовителей СИ.

Стоимость услуг — договорная, в зависимости от объема работ.

Запросы просим высылать в адрес редакции.