

К ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАССЕЯННОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

В. С. Кобяков

Одесса

Даны геометрические условия задачи (см. рисунок). Источник первичного гамма-излучения 1 и детектор рассеянных гамма-квантов 2 находятся в I среде в условиях прямой видимости. Анализируется состав рассеивающей среды II.

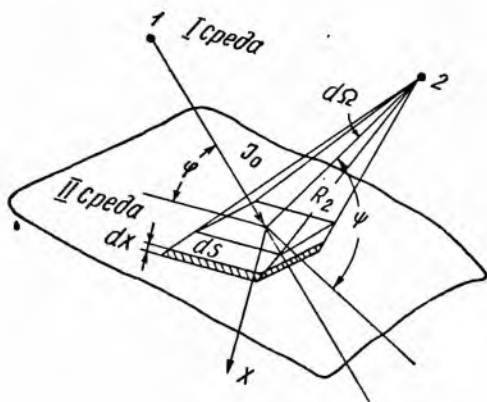
Такая геометрия измерения оказывается единственно возможной при анализе состава полезных ископаемых в вагонетках и бункерах, анализе отбитой массы непосредственно в горных выработках и т. п.

Предположим, что первичное гамма-излучение с интенсивностью I_0 падает на границу раздела под углом φ , а рассеянное излучение выходит к детектору под углом ψ .

Для бесконечно малого телесного угла $d\Omega$, ограничивающего элементарную площадку dS , с которой регистрируется рассеянное гамма-излучение, справедливы соотношения выведенные для узких пучков излучения [1].

Введем прямоугольную систему координат, начало которой расположено в пределах площадки dS , а ось x перпендикулярна к этой площадке. Определим интенсивность вторичного излучения рассеянного объемом Sx .

При правильном выборе энергии первичного γ -излучения [2] практически единственным процессом взаимодействия его с атомами анализируемой среды можно считать комптоновское рассеяние. Интенсивность первичного гамма-излучения после слоя dx



Геометрические условия анализа.

$$dI_x = I_0 e^{-\frac{\mu_{kx}}{\sin \varphi} dx} dS dx, \quad (1)$$

где μ_k — линейный коэффициент ослабления первичных γ -квантов за счет комптоновского рассеяния.

Тогда поток первичного гамма-излучения, прошедшего через полный объем xS , равен

$$I_x = I_0 \frac{\sin \varphi}{\mu_k} dS. \quad (2)$$

Теперь нетрудно найти количество первичных гамма-квантов, рассеиваемых объемом Sx в единицу времени

$$\Delta I_x = I_0 - I_x = I_0 \left(1 - \frac{\sin \varphi}{\mu_k} \int_S dS \right). \quad (3)$$

Энергия рассеянных γ -квантов составляет [2] менее 26% энергии первичного излучения. В этом случае основным процессом ослабления рассеянного γ -излучения можно считать фотоэлектрический эффект.

Следовательно, интенсивность излучения на расстоянии R_2 от рассеивателя

$$I_p = \frac{\Delta I_x}{4\pi R_2^2} \cdot \frac{d\sigma_k}{d\Omega} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{\mu_{\phi} x}{\sin \varphi}} dx = \frac{\Delta I_x}{4\pi R_2^2} \cdot \frac{d\sigma_k}{d\Omega} \cdot \frac{\sin \varphi}{\rho \mu_{\phi. \phi}}, \quad (4)$$

где $\frac{d\sigma_k}{d\Omega}$ — дифференциальное сечение рассеяния, т. е. сечение рассеяния, отнесенного к единице телесного угла;

$\mu_{\phi. \phi}$ — массовый коэффициент ослабления, рассеянного излучения за счет фотоэффекта, пропорциональный содержанию анализируемого компонента (P_a).

Подставляем в (4) значение ΔI_x из (3), получаем

$$I_p = \frac{I_0}{4\pi R_2^2 P_a} \left(a - \frac{1}{b} \int_S \frac{\sin \varphi \sin \psi}{\rho \mu_{\phi. \phi}} dS \right) \frac{d\sigma_k}{d\Omega}, \quad (5)$$

где a и b — коэффициент пропорциональности.

Уравнение (5) является наиболее общим решением задачи автоматического анализа состава с использованием рассеянного гамма-излучения.

Анализ этого уравнения позволяет сделать следующие заключения:

1. Интенсивность рассеянного гамма-излучения уменьшается по мере увеличения содержания в пробе анализируемого элемента.

2. Метод становится чувствительнее по мере уменьшения энергии первичных гамма-квантов (увеличивается $\mu_{\phi. \phi}$).

3. При увеличении плотности анализируемой среды чувствительность метода возрастает.

4. В случае, когда толщина слоя анализируемой среды превышает значение, которое практически можно считать бесконечно большим, так как $I_{x=\infty} = 0$, интенсивность рассеянного излучения не зависит от толщины слоя.

Экспериментальная проверка на пробах железной руды подтвердила полную достоверность этих заключений.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Блохин. Физика рентгеновских лучей. Гостехтеориздат, 1967.
2. О. Н. Лейпуновский, Б. В. Новожилов, В. Н. Сахаров. Распространение гамма-квантов в веществе. Физматгиз, 1960.