

К ТЕОРИИ ГАММА-ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Б. С. Кобяков

Одесса

Для автоматического экспресс-анализа содержания какого-то элемента в многокомпонентной среде весьма эффективны методы селективного возбуждения первичных гамма- или рентгеновским излучением вторичного флуоресцентного излучения атомов того элемента, содержание которого определяется.

В настоящей статье сделана попытка найти общее решение задачи автоматического анализа состава с использованием таких методов.

Схема взаимного расположения источника первичного излучения 1 и детектора флуоресцентного излучения 2 показана на рисунке. Определим интенсивность флуоресценции, возбуждаемой первичным излучением в объеме xS .

Пусть интенсивность падающего на площадку dS первичного излучения равна I_0 . Интенсивность излучения на глубине x

$$I_x = I_0 e^{-\frac{\mu_1 x}{\sin \varphi}}, \quad (1)$$

где μ_1 — линейный коэффициент ослабления первичного излучения.

В объеме $dx \int_S dS$ поток первичного излучения уменьшается на величину

$$dI_x = -\frac{\mu_1}{\sin \varphi} I_0 e^{-\frac{\mu_1 x}{\sin \varphi}} dx \int_S dS. \quad (2)$$

Линейный коэффициент ослабления μ_1 можно рассматривать как аддитивную сумму коэффициентов поглощения первичного излучения анализируемым элементом (μ_1^a) и наполнителем (μ_1^n)

$$\mu_1 = P_a \mu_1^a + P_n \mu_1^n, \quad (3)$$

где P_a и P_n — относительное весовое содержание анализируемого элемента и наполнителя в пробе. Тогда

$$dI_x = - \left(P_a \frac{\mu_1^a I_0}{\sin \varphi} \int_S dS \cdot e^{-\frac{\mu_1 x}{\sin \varphi}} + P_n \frac{\mu_1^n I_0}{\sin \varphi} \int_S dS e^{-\frac{\mu_1 x}{\sin \varphi}} \right) dx. \quad (4)$$

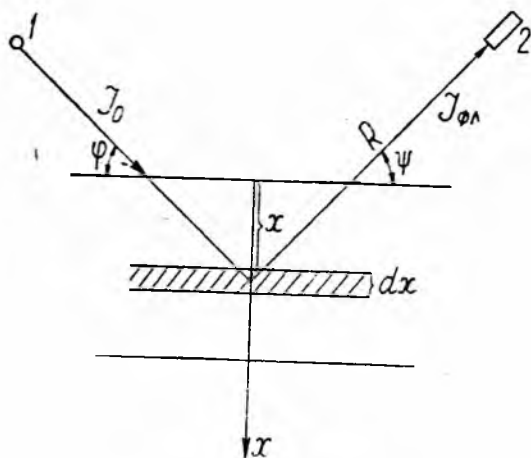
Таким образом, уменьшение потока первичного излучения атомами анализируемого элемента

$$dI_x^a = - P_a \frac{\mu_1^a I_0}{\sin \varphi} \int_S dS e^{-\frac{\mu_1 x}{\sin \varphi}} dx. \quad (5)$$

Вероятность испускания атомом флуоресцентного излучения при взаимодействии с квантом излучения оценивается коэффициентом выхода флуоресценции¹

$$W = \frac{Z^4}{Z^4 + 32,2^4}, \quad (6)$$

где Z — атомный номер анализируемого элемента. С учетом коэффициента W находим, какая часть потока первичного излучения поглощается атомами анализируемого элемента с образованием флуоресцентного излучения



$$dI_x^{\phi\lambda} = -P_a W \frac{\mu_1^2 I_0}{\sin \varphi} \int_S dS e^{-\frac{\mu_1 x}{\sin \varphi}} dx \quad (7)$$

Для определения интенсивности флуоресценции на расстоянии R от объема $dx \int_S dS$ необходимо вычислить поток, приходящийся на единицу площади сферы с радиусом R

$$dI_{\phi\lambda} = \frac{dI_x^{\phi\lambda}}{4\pi R^2} e^{-\frac{\mu_2 x}{\sin \psi}}, \quad (8)$$

где μ_2 — линейный коэффициент ослабления флуоресцентного излучения.

Подставляя (8) значение $dI_x^{\phi\lambda}$ из (7) и интегрируя по x в пределах от ∞ до 0, получаем окончательно

$$I_{\phi\lambda} = P_a W \frac{I_0}{4\pi R} \cdot \frac{\mu_1^2 \sin \psi}{\mu_1 \sin \psi + \mu_2 \sin \varphi} \int_S dS'. \quad (9)$$

Уравнение является самым общим решением задачи автоматического анализа содержания одного из компонентов среды со сложным химическим составом с использованием метода возбуждения флуоресценции первичным гамма- или рентгеновским излучением.

Анализ этого уравнения позволяет сделать следующие выводы:

1) интенсивность флуоресценции возрастает по мере увеличения содержания анализируемого элемента в пробе;

¹ М. А. Блохин. Физика рентгеновских лучей. Гостехиздат, 1957.

2) метод становится более чувствительным по мере увеличения атомного номера анализируемого элемента (растет W);

3) чувствительность метода обратно пропорциональна синусу угла падения φ первичного излучения;

4) в случае, когда толщина x слоя анализируемой среды превышает значение, которое практически можно считать бесконечным (так как $I_{x=\infty} = 0$), интенсивность флуоресценции не зависит от толщины слоя.

Экспериментальная проверка этих заключений на пробах марганцевой руды подтвердила их справедливость.
