

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МАРГАНЦА

Б. С. Кобяков, В. И. Лисиченко, А. А. Молодецкий, М. С. Трофименко
Днепропетровск

Характерной особенностью марганцевых руд является значительное содержание в них железа. Небольшая разница коэффициентов ослабления γ -излучения железом и марганцем исключает применение для автоматического анализа содержания марганца γ -абсорбционных методов и методов, использующих рассеяние первичного γ -излучения.

В связи с этим в последнее время интенсивно развиваются методы, основанные на использовании атомных или ядерных характеристик марганца, резко отличающихся от соответствующих свойств соседних элементов. В институте физики АН ГССР в течение нескольких лет ведутся работы по созданию нейтронно-активационного автоматического анализатора содержания марганца. Целесообразность использования нейтронно-активационного метода обусловлена значительным различием сечений активации марганца и сопутствующих элементов. Однако активационный метод имеет некоторые недостатки, например: информация о содержании марганца получается после 20—30-минутного облучения и измерения наведенной активности пробы; результаты измерений зависят от колебаний влажности и плотности облучаемого образца; громоздкость биологической защиты нейтронного источника и механической системы подачи пробы в зону облучения и в измерительный блок.

Ранее была показана возможность использования γ -флуоресцентных методов для автоматического анализа состава полезных ископаемых. Интенсивность флуоресценции

$$I_{\Phi} = P_{\%} W_{\%} \frac{I_0}{4\pi r^2} \frac{\mu_1^0 \sin \phi \sin \varphi}{\mu_1 \sin \phi + \mu_2 \sin \varphi} \int_S dS \quad (1)$$

где $P_{\%}$ — процентное содержание анализируемого элемента в пробе;

$W_{\%}$ — коэффициент выхода флуоресценции [2];

I_0 — интенсивность первичного излучения;

r — расстояние от пробы до детектора излучения;

μ_1 — линейный коэффициент ослабления первичного излучения в анализируемой сфере;

μ_2 — линейный коэффициент ослабления флуоресцентного излучения;

μ_1^0 — линейный коэффициент ослабления первичного излучения атомами определяемого элемента; *

φ — угол падения первичного излучения;

ψ — угол выхода флуоресцентного излучения;

S — площадь сечения пучка первичного излучения.

В настоящей работе изложены результаты исследований возможности использования γ -флуоресцентного метода для автоматического

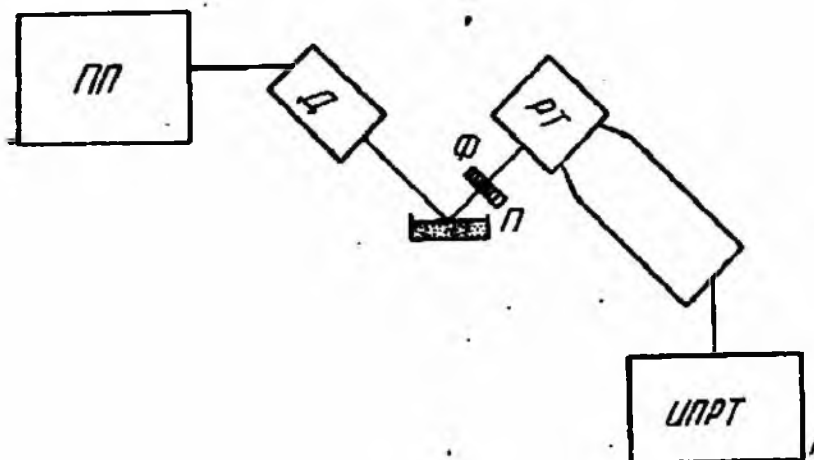


Рис. 1.

анализа содержания марганца в руде и продуктах обогащения. Исследования эти проводились в Базовой изотопной лаборатории Министерства черной металлургии СССР. На рис. 1 приведена схема экспериментальной установки. В качестве источника использовалась рентгеновская трубка с кобальтовым анодом, питаемая источником высокостабилизированного напряжения. Для устранения возмущения атомов железа в пробе первичным пучком поперечный пропускной канал пропускался через фильтр из химически чистого железа. В дальнейшем предлагается заменить рентгеновскую трубку радиоактивным источником рентгеновского излучения соответствующей энергии.

В качестве детектора флуоресцентного излучения использовался счетчик КСР-4; интенсивность флуоресцентного излучения I_ϕ регистрировалась пересчетным прибором ПП типа ДП-100.

Исследование интенсивности флуоресцентного излучения в $I_\phi(P_m)$ проводилось для образцов руд с содержанием марганца в интервале 5—52,8%. На рис. 2 приведены результаты измерений. Крутизна кривой $I_\phi(P_m)$ зависит от содержания марганца

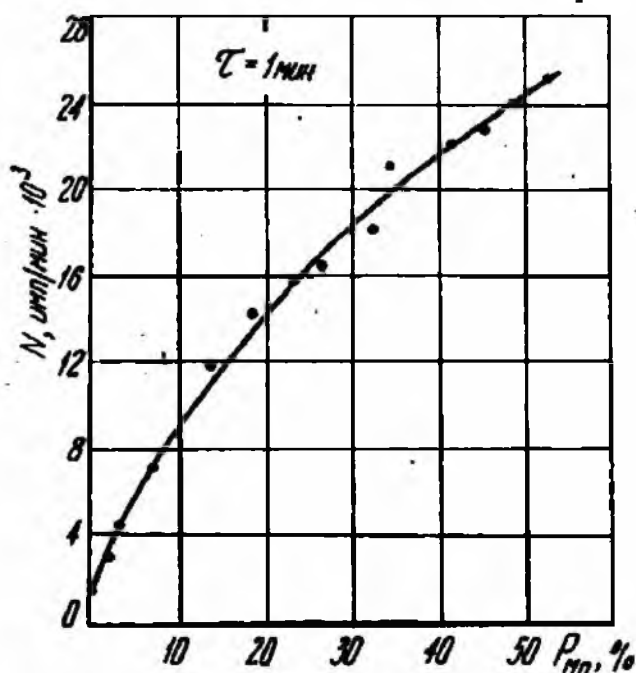


Рис. 2

Исследование интенсивности флуоресцентного излучения в $I_\phi(P_m)$ проводилось для образцов руд с содержанием марганца в интервале 5—52,8%. На рис. 2 приведены результаты измерений. Крутизна кривой $I_\phi(P_m)$ зависит от содержания марганца

$$S = \frac{dI_\phi}{dP_m} = 740 \frac{\text{имп/сек}}{\%} \text{ при } P_m \sim 5\%;$$

$$\begin{array}{ll} \cdot \cdot = 420 & \cdot \cdot \cdot \sim 25\%; \\ \cdot \cdot = 290 & \cdot \cdot \cdot \sim 45\%. \end{array}$$

Поскольку величина S является функцией $P_{\text{мн}}$ чувствительность также будет различной при разных значениях $P_{\text{мн}}$. Как видно из рис. 2

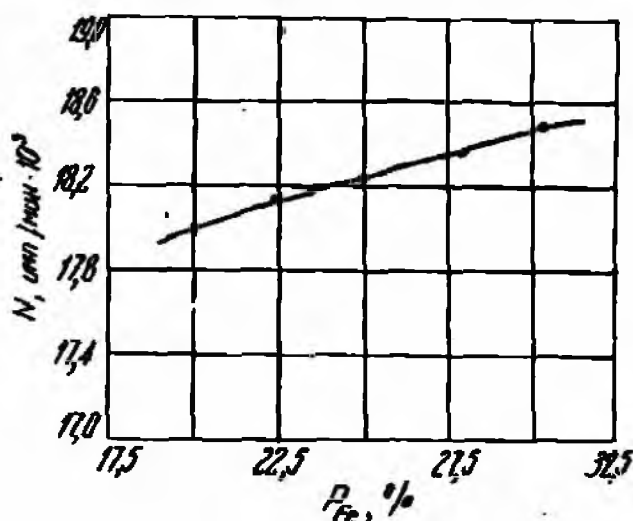


Рис. 3.

чувствительность прибора падает с ростом $P_{\text{мн}}$. Полное число импульсов, набранных за время измерения τ ,

$$N = \tau \int S(P_{\text{мн}}) dP_{\text{мн}}.$$

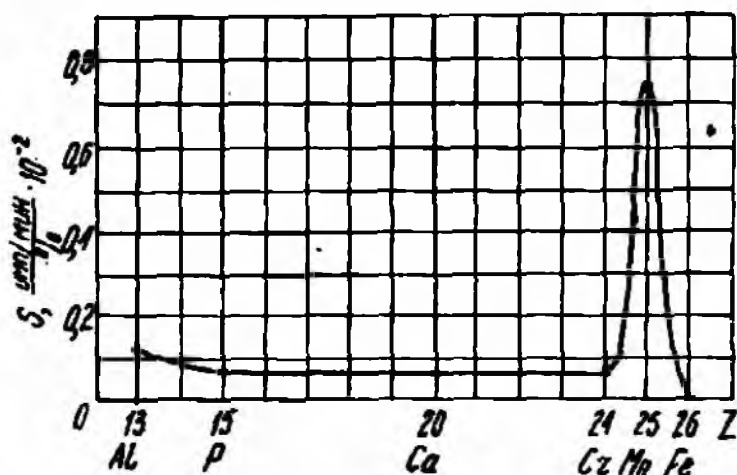


Рис. 4.

Оптимальное время измерения определяется условием: статистическая ошибка измерения должна быть много меньше чувствительности

$$\tau S \Delta P \gg \sqrt{N}.$$

отсюда

$$\tau \gg \frac{I_{\Phi}(P_{\text{мн}})}{S^2(\Delta P)^2} = \left[S \frac{d \ln I_{\Phi}}{dP} (\Delta P)^2 \right]^{-1},$$

где ΔP — абсолютная ошибка измерения процентного содержания — марганца.

На точность определения процентного содержания марганца в руде могут оказывать влияние различные факторы. Один из них обусловле-

свойствами измерительной аппаратуры, другие зависят от флуктуации содержания сопутствующих элементов в руде. Особенно нежелательно изменение содержания железа от пробы к пробе, так как железо и марганец обладают близкими атомными характеристиками. Влияние незначительного содержания железа в руде в наших экспериментах в значительной степени ослаблено благодаря использованию железного стандарта. Результаты экспериментов показывают, что в интервале содержания железа 0—10-процентная вариация содержания железной компоненты практически не влияет на точность определения марганца.

С повышением содержания железа чувствительность прибора к железу возрастает. Однако даже в этом случае меньшая чувствительность к железу в десять раз.

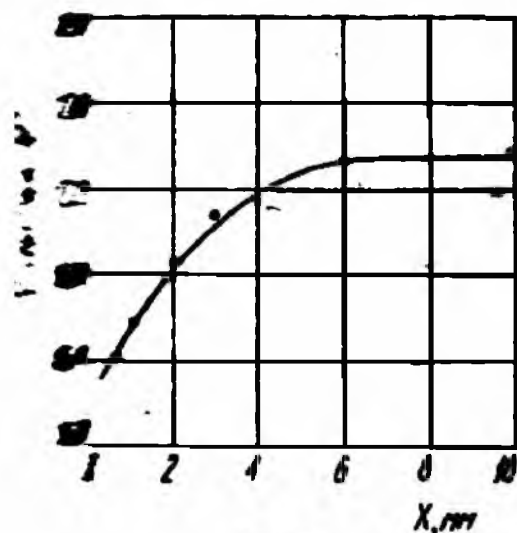


Рис. 5.

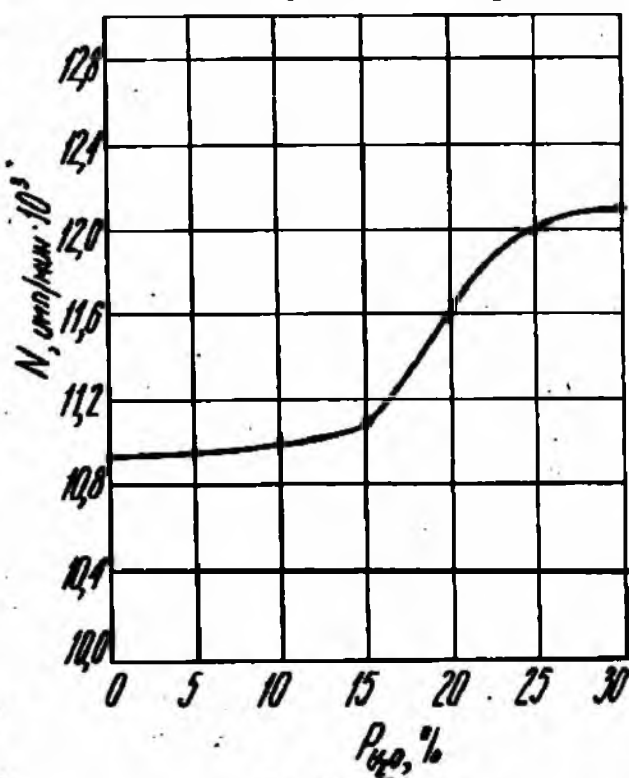


Рис. 6.

Влияние других компонентов руды, ее плотности и влажности на интенсивность рассеянного излучения показано на рисунках (4—6).

Анализ приведенных экспериментальных данных позволяет сделать следующие выводы.

1. Флуоресцентный метод дает возможность селективно определять процентное содержание марганца в руде и продуктах обогащения при значительных колебаниях содержания сопутствующих элементов.

2. Колебания влажности анализируемой среды в интервале 0—15% практически не влияют на результаты анализа.

3. Зависимость результатов анализа на плотности анализируемой среды исчезает для плотности последней свыше 3 г/см^3 .

4. Вариации толщины пробы не влияют на интенсивность рассеянного излучения, если толщина слоя руды больше 6 мм.

5. При соблюдении условий 2, 3, 4 выполнен автоматический анализ содержания марганца непосредственно в технологическом потоке.