

## К учету изменений состава при радиоизотопном рентгенофлуоресцентном анализе полиметаллических руд

Ю. П. БЕТИН, И. А. КРАМПИТ

УДК 543.08

Рассмотрены способы учета влияния изменений химического состава проб на результаты радиоизотопного рентгенофлуоресцентного анализа (РРФА) полиметаллических руд.

Получены зависимости для интенсивностей характеристического рентгеновского излучения определяемого элемента и обратно рассеянного излучения в форме, удобной для численных расчетов. Получены зависимости для случая полубесконечной плоской поверхности. При выводе зависимостей наряду с геометрическими факторами учитывалось также поглощение первичного и вторичного излучений на пути вперед и обратно.

Результаты расчетов позволили оценить влияние изменений содержания сопутствующих элементов на величину интенсивности рентгеновской флуоресценции определяемого элемента. На примере РРФА свинца в полиметаллических рудах (свинцово-цинковых и свинцово-бариевых) показано, что относительная погрешность определения свинца за счет перераспределения сопутствующих элементов может достигать нескольких десятков процентов (при возбуждении вторичного излучения с помощью радиоизотопного источника  $Cd^{109}$  и регистрации  $L$ -излучения свинца). Для уменьшения зависимости результатов анализа свинца от изменений содержания сопутствующих элементов (барий, цинк, железо) на основе расчетных данных

показана целесообразность регистрации отношения интенсивностей  $L$ -флуоресценции свинца и однократно рассеянного излучения с энергией около  $20 \text{ кэВ}$ , т. е. отношения  $r_{Pb} = N_{PbL}/N_S$ . Результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными, полученными при измерениях на искусственных смесях, имитирующих по химическому составу свинцово-цинковые руды.

Возможность снижения методических погрешностей, возникающих за счет изменений состава анализируемых проб, на основе регистрации вышеуказанного соотношения подтверждена также при РРФА свинца в свинцово-бариевых рудах. При РРФА цинка в свинцово-бариевых рудах указано на три способа учета влияния изменений содержания свинца на результаты определения цинка: 1) использование для интерпретации данных анализа одного из градуировочных графиков (соответствующего определенному содержанию свинца) в семействе графиков  $\eta_{Zn} = N_{ZnK}/N_S = f(C_{Zn})$ ; 2) определение содержания цинка по градуировочному графику в семействе графиков  $N_{ZnK} = \varphi(C_{Zn})$ ; 3) использование способа «компенсации». Более предпочтителен первый из перечисленных способов.

(№ 567/6341. Поступила в Редакцию 9/IV 1971 г. Полный текст 0,5 а. л., 6 рис., 7 библиографических ссылок.)

## Спектр вторичных электронов в веществе, облучаемом $\gamma$ -квантами

А. М. КОЛЬЧУЖКИН, В. В. УЧАЙКИН, В. И. БЕСПАЛОВ

УДК 539.124.16:535.33

Распространение  $\gamma$ -квантов в веществе сопровождается появлением вторичных электронов, взаимодействие которых с веществом определяет ионизацию, радиационные нарушения и другие эффекты. Энергетический спектр электронов связан с дифференциальным потоком квантов соотношением

$$\Phi_e(r, E) = \int d\Omega \int dV' \int d\Omega' \int dE' G_e(r, \Omega, E; r', \Omega', E') \times \int d\Omega'' \int dE'' \Sigma_{e\gamma}(\Omega'', E'; \Omega''', E'') \Phi_\gamma(r', \Omega'', E''), \quad (1)$$

где  $\Sigma_{e\gamma}$  — дифференциальное сечение;  $G_e$  — функция Грина уравнения переноса электронов. При энергиях квантов менее  $10 \text{ МэВ}$  поток их мало меняется на расстояниях порядка длины пробега вторичных электронов, поэтому, пренебрегая под интегралом изменением потока  $\gamma$ -квантов, получаем

$$\Phi_e(r, E) = \int dE' G_e(E; E') \int dE'' \Sigma_{e\gamma}(E'; E'') \Phi_\gamma(r; E''), \quad (2)$$

где  $G_e(E; E')$  — равновесный спектр электронов.

Равновесный спектр электронов вычислялся методом Монте-Карло в модели катастрофических столкновений. Для построения и обработки ветвящихся электронных траекторий использовалась лексикографическая схема, а поток определялся по длине пробега, так как этот способ оказался более эффективным, чем

оценка по плотности столкновений. В программе использован новый метод выборки энергии электрона из распределения Мёллера.

Анализ модели катастрофических столкновений показал, что результаты вычислений практически не зависят от величины пороговой энергии, отделяющей катастрофические столкновения от непрерывных потерь энергии, а время расчета с увеличением порога существенно уменьшается.

Расчет спектра вторичных электронов в свинце при  $E_0 = 1 \text{ МэВ}$  показал, что значительный вклад в  $\Phi_e(r, E)$  может давать рассеянное  $\gamma$ -излучение, а для нерассеянного излучения вклады фотоэффекта и комптоновского рассеяния могут быть одинаково существенны. Вывод о преобладающей роли нерассеянного  $\gamma$ -излучения и процесса комптоновского рассеяния, сделанный в работах [1, 2], справедлив только для тонких поглотителей из вещества с малым  $Z$  и при достаточно высокой энергии квантов.

(№ 568/6419. Статья поступила в Редакцию 27/IV 1971 г., аннотация — 23/XI 1971 г. Полный текст 0,4 а. л., 2 рис., 1 табл., 9 библиографических ссылок.)

### ЛИТЕРАТУРА

1. O. O e n, D. H o l m e s. J. Appl. Phys., 30, 1289 (1959).
2. J. C a h n. Ibid., p. 1310.