

ЭНЕРГИЯ ПЕРВИЧНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКОМ ОПРОБОВАНИИ ГЕТЕРОГЕННЫХ РУД

© 1999 г. А. А. Тамразян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии им.А.Назарова НАН РА
377515 Гюмри, Ленинградян, 5, Республика Армения
Поступила в редакцию 20.10.98.

Получено выражение для определения оптимальной энергии первичных гамма-излучений при опробовании гетерогенных руд рентгенорадиометрическим методом.

При рентгенорадиометрическом опробовании руд в естественном залегании к источникам первичного гамма-излучения предъявляется целый ряд требований, связанных как со специфическими особенностями самого метода, так и с условиями его применения [2,5,8].

Изотоп первичного гамма-излучения прежде всего должен иметь энергию, превышающую потенциал ионизации соответствующей электронной оболочки атома определяемого элемента, достаточно большой период полураспада и высокую удельную активность, а его энергетический спектр был сравнительно чистым, близким к монохроматическому.

При опробовании гетерогенных руд к источникам первичного излучения, помимо вышеуказанных, предъявляется и другое требование. Так, при опробовании руд в условиях естественного залегания влияние гетерогенности учитывается с помощью структурного коэффициента T_x [3,4,7], который зависит от содержания и размеров рудных включений, от атомного номера наполнителя и энергии первичных гамма-излучений.

В условиях естественного залегания содержания и размеры рудных включений, а также эффективный атомный номер вмещающих пород являются неконтролируемыми факторами и, следовательно, уменьшение влияния гетерогенности можно осуществлять фактически только выбором оптимальной энергии первичных гамма-излучений E_j .

Влияние гетерогенности на результаты опробования тем больше, чем больше структурный коэффициент T_x отличается от единицы. Следовательно, значение оптимальной энергии первичных гамма-излучений необходимо найти из условий $T_x = 1$.

Для грубозернистых гетерогенных руд с биномиальным распределением неоднородностей структурный коэффициент T_x имеет следующий вид [7]:

$$T_x = \frac{\bar{\Gamma}_j + \bar{\Gamma}_x}{\bar{\Gamma}_j^A q} \cdot \frac{\ln(1-q)}{2\ln(1-q) - \bar{\rho}_A D(1-q)(\bar{\Gamma}_j^H + \bar{\Gamma}_x^H)} \quad (1)$$

где q – содержание определяемого элемента, ρ_A – плотность рудной фазы, $\bar{\Gamma}$ – массовый коэффициент ослабления первичных (j) и характеристических (x) излучений в рудной фазе (A) и наполнителе (H), D – размер рудного включения.

Структурный коэффициент T_x с увеличением размера рудного включения уменьшается и асимптотически стремится к единице. Однако, из простых физических соображений ясно, что влияние крупности зерен на значения T_x проявляется до тех пор, пока их размеры меньше

глубинности исследований, которая [4] $h = 2/\bar{n}_H(\bar{\Gamma}_j^H + \bar{\Gamma}_x^H)$, где \bar{n}_H – плотность наполнителя.

Ограничиваясь условием $D = h/2$, при котором гетерогенность проявляется довольно четко, из (1) получим

$$T_x = \frac{\bar{\Gamma}_j + \bar{\Gamma}_x}{\bar{\Gamma}_j^A \cdot q} \cdot \frac{\ln(1-q)}{2\ln(1-q) - \frac{\bar{n}_A}{\bar{n}_H}(1-q)} \quad (2)$$

Выражая $\bar{\Gamma}$ через атомный номер вещества Z и энергии E гамма-квантов [1], из (2) получим

$$T_x = \frac{Z_{эф.}^{3.94} (E_j^3 + E_x^3)}{Z_A^{3.94} \cdot E_x^3 \cdot q} \cdot \frac{\ln(1-q)}{2\ln(1-q) - \frac{\bar{n}_A}{\bar{n}_H}(1-q)} \quad (3)$$

Здесь E_j, E_x – энергия первичных гамма- и характеристических рентгеновских излучений, Z_A – атомный номер определяемого элемента, $Z_{эф.}$ – эффективный атомный номер гетерогенной среды, который определяется по формуле Поройкова [6] и имеет вид

$$Z_{эф.} = \sqrt[3]{\frac{1}{\bar{m}} \sum_i q_i m_i Z_i^3}, \quad \text{где } m = \sum_i q_i m_i, \quad m_i = \frac{Z_i}{A_i}$$

Формула Поройкова справедлива, когда энергия первичного гамма-излучения больше потенциала ионизации K – уровня любого из элементов, входящих в состав гетерогенной среды.

Из условия $T_x=1$, при котором влияние эффекта гетерогенности сводится к минимуму, и для удобства обозначая

$$\frac{\ln(1-q)}{2\ln(1-q) - \frac{\bar{n}_A}{\bar{n}_H}(1-q)} = \eta,$$

для E_j получим

$$E_j = E_x \sqrt[3]{\frac{Z_A^{3.94} \cdot q - Z_{эф.}^{3.94} \cdot \zeta}{Z_{эф.}^{3.94} \cdot \zeta}} \quad (4)$$

С теоретической и практической точки зрения удобнее применять не абсолютное значение энергии первичных излучений E_j , а его отношение к значению энергии K -края поглощения определяемого элемента E_k , т.е. при выборе источника нужно определить – насколько его энергия должна превосходить энергию K -края поглощения определяемого элемента.

Учитывая также, что для большинства металлов $E_k \approx 1.15E_x$, выражение (4) можно переписать в следующем виде

$$\frac{E_j}{E_k} = 0.873 \sqrt[3]{\frac{Z_A^{3.94} \cdot q - Z_{эф.}^{3.94} \cdot \zeta}{Z_{эф.}^{3.94} \cdot \zeta}} \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что с увеличением содержания определяемого элемента значение E_j/E_k стремится к единице. В предельном случае, когда исследуемая среда представлена только определяемым элементом, то понятие эффекта гетерогенности теряет смысл. В этом случае наиболее эффективным источником возбуждения становится тот, у которого энергия близка (справа) к энергии K -края поглощения

определяемого элемента.

Результаты теоретических расчетов приведены на рисунке 1, где представлена зависимость E_j/E_k от содержания определяемых элементов при различных наполнителях.

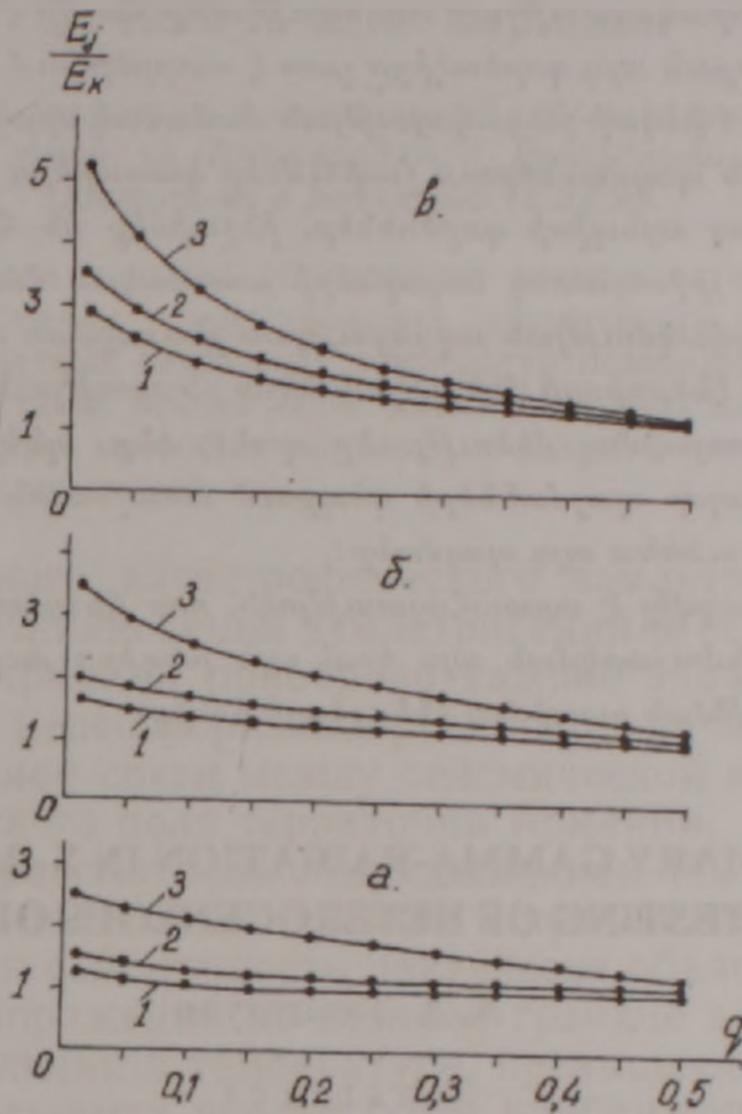


Рис.1. Зависимость E_j/E_k от содержания определяемого элемента при различных наполнителях. Определяемый элемент: 1 - Fe; 2 - Cu; 3 - Mo. Атомный номер наполнителя Z_H : а - 25; б - 20; в - 13.

Расчеты показывают, что E_j/E_k тем больше, чем больше различие атомных номеров определяемого элемента и наполнителя.

Высокие значения E_j/E_k наблюдаются и при малых содержаниях определяемого элемента в среде.

Так, например, для определения меди в гетерогенной среде с $Z_H=25$ оптимальным является источник, энергия которого превосходит энергию К-края меди в 1,5 раза, а при $Z_H=13$ - в 3 раза.

Таким образом, получено выражение, которое позволяет определить оптимальную энергию первичного гамма-излучения при опробовании гетерогенных руд.

Работа выполнена в рамках темы 96-818, финансируемой из госбюджета Республики Армения.

**ԱՌԱՋՆԱՅԻՆ ԾԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՆ
ՌԵՆՏԳԵՆՈՒԱԴԻՈՄԵՏՐԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ՏԱՐԱԿԱԶՄ
ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԻ ՆՄՈՒՇԱՐԿՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ**

Ա. Ա. Թամրազյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Ռենտգենոադիոմետրական մեթոդով տարակազմ հանքանյութի նմուշարկման ժամանակ չափման արդյունքների վրա որոշակի ազդեցություն է թողնում, այսպես

կոչված, տարակազմության էֆեկտը:

Այս աշխատանքում փորձ է արվում այդ էֆեկտի ազդեցությունը թուլացնել սկզբնական ճառագայթների օպտիմալ էներգիայի ընտրությամբ: Դա կատարվում է հետևյալ կերպ.

Հայտնի է, որ տարակազմության ազդեցությունը հաշվի է առնվում T_x կառուցվածքային գործակցով: Որքան այդ գործակիցը շատ է տարբերվում մեկից, այնքան մեծ է ազդեցությունը, իսկ այդ էֆեկտի բացակայության ժամանակ նրա արժեքը ձգտում է մեկի:

Քանի որ բնական պայմաններում չափումներ կատարելու ժամանակ տարակազմությունը պայմանավորող այնպիսի գործոններ, ինչպիսիք են հանքային անհամասեռությունների չափերը և շրջապատող ապարների ատոմական համարները, չկարգավորվող են, հետևաբար՝ տարակազմության ազդեցության թուլացման միակ ճանապարհն առաջնային ճառագայթման էներգիայի մեծության ճիշտ ընտրությունն է:

էներգիայի այդ օպտիմալ մեծությունը որոնել ենք, ելնելով $T_x=1$ պայմանից, այսինքն՝ թե մնացած բոլոր պայմանների դեպքում առաջնային էներգիայի ինչպիսի արժեքի դեպքում տեղի կունենա այդ պայմանը:

Արդյունքում ստացվել է արտահայտություն, որը հնարավորություն է տալիս տարակազմ միջավայրի նմուշարկման այս կամ այն խնդիրը լուծելու ժամանակ որոշելու առաջնային ճառագայթման օպտիմալ էներգիայի ճափը:

ENERGY OF PRIMARY GAMMA-RADIATION IN X-RAY - RADIOMETRIC TESTING OF HETEROGENEOUS ORES

A. A. Tamrazyan

Abstract

A formula for determination of an optimum energy of primary gamma-radiation when testing heterogeneous ores by X-ray - radiometric methods is derived.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей. Изд. 2-е, перераб. М.: 1957, 388 с.
2. Большаков А.Ю. Рентгенорадиометрический метод исследования состава горных пород. М.: 1970, 136 с.
3. Кудрявцев Ю.И., Мейер В.А. Влияние структуры руд на интенсивности характеристического и рассеянного излучений и их отношение при измерениях в естественных условиях. Учен. зап. ЛГУ, 1968, №340, серия физ. и геол. наук, вып.18, с.150-177.
4. Леман Е.П. Рентгенорадиометрический метод опробования месторождений цветных и редких металлов. Л.: Недра, 1978, 232 с.
5. Леман Е.П., Болотова Н.Г. Радиоактивные изотопы и источники гамма-излучения для рентгенорадиометрического опробования руд. "Вопр. разведочной геофизики", 1969, вып.11, с.3-11.
6. Поройков И.В. Рентгенометрия. М.-Л.: 1950, 384 с.
7. Тамразян А.А., Леман Е.П. Рентгенорадиометрический метод опробования гетерогенных руд. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1986, 120 с.
8. Якубович А.Л., Зайцев Е.И., Пржиялговский С.М. Ядерно-физические методы анализа минерального сырья. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: 1973, 392 с.