Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
1987, т. 111

УДК 543.422.8

О ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

В.И.ЖУКОВ

Исследованию влияния крупности зерен флуоресцирующего минерала на результаты РРА посвящено немало публикаций [I-5]. В большинстве работ дан теоретический анализ гетерогенного эффекта и приведены аналитические зависимости для расчета потоков вторичного излучения от неоднородных сред [I, 2, 4], и лишь немногие авторы предлагают способы учета влияния гетерогенного эффекта [3, 5]. К сожалению, использование при проведении полевого РРА литохимических проб предложенных ранее способов (учет эффекта путем раздельного определения интенсивностей когерентно и некогерентно рассеянного излучения или с помощью двух источников первичного излучения различной энергии) либо невозможно, либо нецелесообразно. Предложенный ниже способ хотя и не отличается высокой точностью, позволяет количественно оценить обнаруженные геохимические аномалии и легко реализуется на серийной аппаратуре РРК-103 "Поиск" или РРК-102 "Минерал".

Методика учета эффекта была опробована на фактическом материале, полученном при проведении геохимических поисков по потокам рассеяния в пределах одного из рудных полей Южного Верхоянья. Рентгенорадиометрический анализ проб на железо и мышьяк производился на приборе РРК-102 "Минерал"; для регистрации излучения использовалось зондовое устройство БВД-П с источником первичного излучения ^{109}Cd активностью примерно 5 мКю и пропорциональным счетчиком СИ6Р. Измерения проводились в режиме интенсивностей в каналах железа, мышьяка и однократно рассеянного излучения (N_S). При вычислении содержаний скорости счета в каналах железа и мышьяка нормировались на скорость счета в канале N_S. При сопоставлении данных РРА и количественного эмиссионного спектрального анализа (ЭСА) было установлено существенное (до 700 %) расхождение результатов анализов на As девяти аномальных проб, связанное с присутствием в них зерен арсенопирита различной крупности.

Чтобы учесть влияние гетерогенного эффекта, для каждой пробы вначале была определена аномальная составляющая $N_S^{ан}$ потока N_S, обусловленная гетерогенностью пробы и не зависящая от других факторов. В условиях изучаемого района изменение потока N_S^{2011} от гомогенной (истертой) пробы определяется изменением содержаний железа и мышьяка (вариации содержаний остальных элементов не окажут заметного влияния на $Z_{эфф}$, а вмещающие породы повсеместно имеют силикатный состав).

Учитывая известную зависимость для потока $N_S^{20м}$ от гомогенной пробы [2], а также геометрию зондового устройства и конкретные значения коэффициентов ослабления первичного и рассеянного излучений веществом пробы, можно показать, что справедливо соотношение

$$N_S^{20м} = a + \frac{b}{q_{Fe} + 3q_{As} + 10},$$

где q_{Fe} и q_{As} – массовые содержания соответственно железа и мышьяка в пробе, %; a и b – коэффициенты уравнения регрессии N_S на $t=(q_{Fe}+3q_{As}+10)^{-1}$, определяемые экспериментально по результатам измерений нескольких десятков фоновых проб. Отметим, что в рассматриваемом примере коэффициент корреляции между N_S и t составил около 0,8. Тогда составляющая $N_S^{ан} = N_S - N_S^{20м}$ не зависит от вещественного состава пробы и обусловлена влиянием только крупности зерен флуоресцирующего минерала.

Из теории гетерогенного эффекта известно, что с увеличением крупности зерен тяжелого флуоресцирующего минерала при низких его концентрациях (до нескольких процентов) поток характеристического излучения от пробы быстро уменьшается, а рассеянного незначительно увеличивается. В данном случае (флуоресцирующий минерал – арсенопирит) уменьшение потоков характеристического излучения железа и мышьяка приведет к уменьшению величины $N_S^{ан}$. Таким образом, соотношение между истинным содержанием изучаемого элемента $q_{ист}$ и полученным по данным РРА $q_{РРА}$ можно записать в виде

$$q_{ист} = f(q_{РРА}, N_S^{ан}). \qquad (1)$$

Используя данные РРА нескольких проб с изучаемой территории с известными содержаниями анализируемого элемента, можно выразить зависимость (I) аналитически и применять ее для учета влияния гетерогенного эффекта. В рассматриваемом примере при сопоставлении данных РРА и ЭСА было установлено, что соотношение (I) удовлетворительно описывается выражением

$$q'_{ист} = (q_{РРА})^c (d + eN_S^{ан}), \qquad (2)$$

Сопоставление данных ЭСА и РРА

Номер пробы	$q_{ЭСА}$, 10^{-3} %	$q_{РРА}$, 10^{-3} %	$\frac{q_{ист}}{q_{РРА}}$	$N_S^{ан}$, имп./с	$q'_{РРА}$	$\frac{q_{ист}}{q'_{РРА}}$
1	45	33	1,36	-37	56	0,80
2	67	61	1,10	26	53	1,26
3	40	39	1,08	15	36	1,17
4	4230	580	7,26	-78	3580	1,18
5	2820	490	5,71	-53	2390	1,18
6	1370	470	2,91	9	1090	1,24
7	84	60	1,40	-4	87	0,97
8	550	530	1,04	28	890	0,61
9	540	230	2,38	-53	850	0,64

где c, d и e – постоянные величины, c было выбрано равным 1,3, а d и e вычислены как коэффициенты уравнения регрессии $\varrho_{ист}(\varrho_{РРА})^{-c}$ на $N_3^{ан}$.

После исправления результатов РРА с помощью выражения (2) среднеквадратическое расхождение между данными РГА и ЭСА уменьшилось с 300 до 30 % (см. таблицу). Хорошее соответствие экспериментальных и теоретических данных позволяет рекомендовать предложенный способ для учета влияния гетерогенного эффекта при проведении рентгенорадиометрического анализа литохимических проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нахабцев В.С. Аналитические выражения для потоков флуоресцентного и рассеянного излучения от гетерогенных сред. – Уч. зап. ЛГУ, сер. 1978, "Вопросы геофизики", вып. 27, с. 184–195.

2. Очкур А.П., Томский И.В., Яншевский Ю.П. и др. Рентгенорадиометрический метод при поисках и разведке рудных месторождений. Л., Недра, 1985. 255 с.

3. Пшеничный Г.А., Мейер В.А., Плотников Р.И. и др. Рентгенофлуоресцентный анализ сред при различной крупности рудных включений. – Уч. зап. ЛГУ, сер. 1977, "Вопросы геофизики", вып. 26, с. 79–89.

4. Шмонин Л.И., Магер Е.В., Назаренко В.М. К вопросу о влиянии крупности частиц порошковых проб на результаты флуоресцентного рентгенорадиометрического анализа. – В кн.: Геофизические поиски рудных месторождений. Алма-Ата, изд. Каз. филиала ВИРГ, 1971. Т. 2, с. 93–100.

5. Berry P.F., Furuta T., Rhodes J.R. – In: Advances in X-ray Analysis, vol.12, N.-Y., 1969, p. 612–632.