

А. А. ТАМРАЗЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ В ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУДАХ  
РЕНТГЕНОРАДИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Определение меди рентгенорадиометрическим методом (РРМ) в рудах с простым вещественным составом (при отсутствии мешающих элементов) не представляет никакой трудности как в техническом, так и в методическом отношениях. Однако при определении меди в полиметаллических рудах, где присутствуют мешающие элементы с близкими атомными номерами (*Fe, Zn*), возникают определенные затруднения аппаратурно-технического и методического характера, связанные с низким энергетическим разрешением применяемых детекторов. Этот вопрос довольно легко решается в лабораторных условиях при анализе порошковых проб с полупроводниковыми детекторами высокого энергетического разрешения, использование которых в полевых и шахтно-рудничных условиях—дело будущего.

В настоящее время в полевых условиях РРМ реализуется в основном портативной аппаратурой с пропорциональными счетчиками, энергетическое разрешение которых не позволяет выделять аналитические линии элементов с близкими атомными номерами. В этом случае этот вопрос решается техническими или методическими приемами.

Техническое решение выделения аналитической линии определяемого элемента в сложном спектре основано на применении дифференциальных фильтров [2]. В способе дифференциальных фильтров для выделения аналитической линии определяемого элемента требуются два измерения, проводимые поочередно с пропускающим и поглощающим фильтрами, что существенно ограничивает область его применения (например, невозможно применять этот способ при каротаже) и увеличивает время измерения, т. е. снижает производительность метода.

Сущность методического решения заключается в определении потока характеристического излучения определяемого элемента по результатам измерений потоков излучения в двух энергетических интервалах спектра вторичного излучения. Первый энергетический интервал спектра вторичного излучения выбирают так, чтобы он полностью охватывал спектры рентгеновского излучения всех элементов (*Fe, Cu, Zn*), а нижнюю и верхнюю границы второго энергетического интервала выбирают в области максимумов спектров характеристического рентгеновского излучения мешающих элементов. При этом о содержании определяемого элемента в исследуемой среде судят по значению разности скоростей счета излучения в энергетических интервалах [1].

Необходимо отметить, что этот способ слабо помехоустойчив и при наличии других мешающих факторов (например, присутствие в спектре в области аналитической линии определяемого элемента излучений *L*-серий мешающих элементов или рассеянного излучения источника первичных квантов) не может однозначно выделить аналитическую линию определяемого элемента.

Для выделения меди в таком сложном спектре нами предлагается способ технико-методического характера, сущность которого состоит в том, что в аппаратурном спектре, полученном на образ-

цах железа, меди и цинка с помощью двухканального анализатора РРК-103 с блоком детектирования БВД-II, выбираются два аналитических интервала (рис. 1). Первый интервал, как и в работе [1], ох-

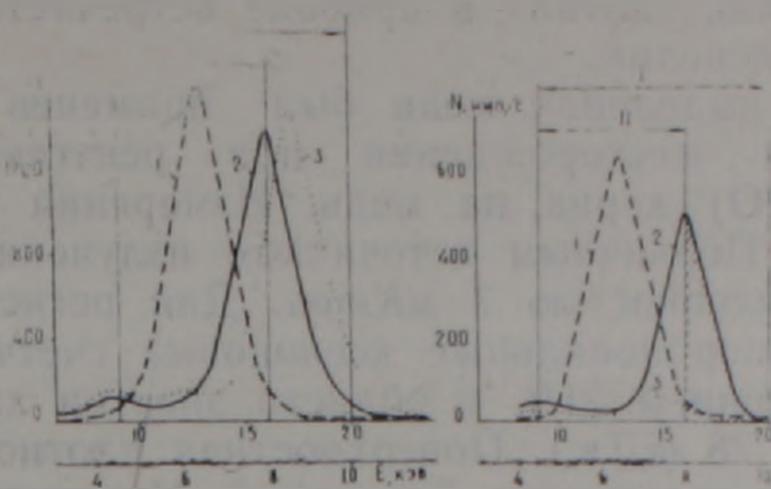


Рис. 1. Выделение меди в комплексной многокомпонентной среде без фильтра (а) и с фильтром (б) из никеля. Спектры аналитической линии К—серии: 1—железа, 2—меди, 3—цинка, I, II—аналитические интервалы.

ватывает спектры амплитудного распределения всех трех линий, а границы второго интервала выбираются следующим образом: левая граница совпадает с началом первого интервала, а правая—проходит через максимум амплитудного распределения характеристического излучения меди.

Однако, как видно из рис. 1, а, в разницу квантов этих двух интервалов входят также характеристические излучения цинка. Эта часть спектра «отфильтровывается» с помощью поглощающего фильтра из никеля. Кроме квантов характеристического излучения цинка в фильтре поглощаются также кванты мешающих элементов, энергия которых больше  $1,33 \text{ фДж}$  (К—край поглощения цинка), и в этом случае разница между количеством импульсов, зарегистрированных в этих интервалах, обуславливается только потоком квантов характеристического излучения меди (рис. 1, б).

Верхняя граница второго энергетического интервала должна проходить строго через максимум амплитудного распределения характеристического излучения определяемого элемента по следующей причине.

Как видно из рис. 1, б, спектры мешающих элементов, снятые через поглощающий фильтр, выходят на фоновые значения, начиная от энергии, через которую проходит граница второго энергетического интервала ( $1,28 \text{ фДж}$ ), т. е. положение верхней границы с левой стороны, фактически, самое крайнее. Если она будет проходить левее своего положения, то в спектральную разность обязательно попадают кванты характеристических излучений мешающих элементов и, следовательно, не обеспечивается помехоустойчивость метода.

Конечно, логичнее, если эта граница пройдет через линии  $1,33 \text{ фДж}$  (К—край поглощения никеля), т. е. на  $0,045 \text{ фДж}$ , правее от максимума фотопика определяемого элемента. Однако в этом случае теряется около 20% регистрируемых квантов, что снижает достоверность измерений и создает неудобства при практической реализации, поскольку границу требуется отодвинуть на половину спектрметрического канала. А в нашем случае, когда граница проходит через максимум фотопика определяемого элемента, «вне контроля» факти-

чески остается только очень узкий энергетический интервал (1,28—1,33 фДж), куда практически не попадают излучения от мешающих элементов. В этот энергетический интервал могут попасть только кванты  $L_{\alpha_1, \alpha_2}$ -линий тантала 1,30 и 1,29 фДж, вкладом которых можно пренебречь, так как тантал в природе встречается очень редко, а выход  $L$ -линий невелик.

Этот способ выделения меди был применен на Арманисском полиметаллическом месторождении при рентгенорадиометрическом опробовании (РРО) керна на медь. Измерения проводились аппаратурой РРК-103. Первичным источником излучения является изотоп кадмий-109 с активностью 7 мКюри. Для регистрации излучений использовался пропорциональный ксеноновый счетчик СИ-6Р с энергетическим разрешением 21% в области энергии характеристического излучения меди (1,28 фДж). Поверхностная плотность поглощающего фильтра из никеля составляла 7,6 мг/см<sup>2</sup>. Измерения вначале проводились на кернах с известными данными химического анализа. С целью получения точного и достоверного графика скорости счета характеристического излучения меди и ее содержание брались по рудным зонам керна, а не по отдельному метровому интервалу.

Анализ результатов сопоставления данных РРО и геологического опробования показал, что изменения содержания цинка в керне в пределах 0—8% не влияют на результаты опробования меди. При этом средняя относительная погрешность определения меди в классе содержаний 0—3% составляет 12% и удовлетворяет требованиям разведки.

Таким образом, результаты опробования керна Арманисского месторождения показывают, что в полиметаллических рудах, содержащих элементы с близкими и соседними атомными номерами, вышеуказанным технико-методическим способом можно однозначно выделять аналитическую линию меди с помощью серийной аппаратуры. Предлагаемый способ может также применяться при опробовании руд на медь в условиях естественного залегания и при каротаже, так как используется только один поглощающий фильтр, все измерения проводятся через этот фильтр и нет необходимости менять его, как это делается при применении дифференциальных фильтров.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА

Поступила 23.VI.1995

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леман Е. П., Золотницкий В. А., Мац Н. А., Негиевич В. Г. Раздельное определение элементов с близкими атомными номерами при рентгенорадиометрическом анализе комплексных руд.—Геофиз. аппаратура, Л.: Недра, 1984, №80, с. 55—64.
2. Якубович А. Л., Зайцев Е. И., Пржиялговский С. М. Ядернофизические методы анализа минерального сырья. М.: Атомиздат, 1973, 392 с.