

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ МЕДИ, ЦИНКА И СВИНЦА В РУДАХ АРМАНИССКОГО ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

**© 2014 г. А. А. Тамразян, Л. В. Акопян**

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА  
3115, Гюмри, ул. В. Саргсяна 5, Республика Армения  
E-mail: [artush.tamrazyan@mail.ru](mailto:artush.tamrazyan@mail.ru)  
Поступила в редакцию 09.06.2014г.*

При рентгенорадиометрическом анализе элементов с близкими атомными номерами возникают определенные затруднения, связанные с их взаимным влиянием и низким энергетическим разрешением применяемых детекторов.

В статье предложен способ учета взаимного влияния этих элементов и приведены результаты его применения на Арманисском золото-полиметаллическом месторождении при анализе порошковых проб на медь, цинк, свинец и опробовании керна скважин на медь.

В настоящее время при эксплуатационной разведке и разработке Арманисского месторождения определение содержаний меди, цинка и свинца в пробах производится в основном с помощью химического анализа, применение которого не позволяет оперативно руководить разработкой месторождения. В этой связи перспективным является применение рентгенорадиометрического метода (РРМ), основанного на возбуждении и регистрации характеристического рентгеновского излучения элементов. РРМ, почти не уступая по точности химическому анализу, намного превосходит его по экспрессности и производительности.

С целью внедрения РРМ на Арманисском золото-полиметаллическом месторождении для начала нами произведена опробация методики анализа порошковых проб и опробования керна на медь, цинк и свинец.

При анализе элементов с близкими атомными номерами (Cu, Zn) возникают определенные затруднения аппаратурно-технического характера, связанные с низкими энергетическими разрешениями применяемых детекторов (Тамразян, 1995).

Обычно для выделения интенсивности характеристического излучения определяемого элемента в сложном аппаратурном спектре применяются различные методические и технические приемы - метод Долби, метод селективных фильтров, метод дифференциальных фильтров и т.д.

Метод Долби основан на измерении скоростей счета, соответствующих разным участкам аппаратурного спектра. Однако этот метод не обеспечивает высокой точности определения низких концентраций элементов.

При способе селективных фильтров, принцип действия которого заключается в резко различном ослаблении фильтрующим элементом излучений с энергией фотонов меньше и больше энергии К-края поглощения

элемента фильтра, также усложняется выполнение анализа проб сложного состава.

Отмеченные недостатки в некоторой степени устраняются при использовании для выделения характеристического излучения определяемого элемента дифференциальных фильтров Росса. Принцип действия таких фильтров основан на резко различном поглощении аналитической линии определяемого элемента  $E_x$  двумя элементами с энергиями К-краев поглощения больше и меньше энергии фотонов  $E_x$ . Однако при проведении анализа с дифференциальными фильтрами несколько увеличивается статистическая погрешность анализа, связанная с величиной скачка поглощения фильтров, которая обычно несколько меньше скачка поглощения фильтрующих элементов (Якубович, 1969). Недостатком метода дифференциальных фильтров является также необходимость проведения последовательных измерений при определении интенсивности характеристического излучения двух или большего числа элементов. Кроме того, при определении легких элементов возникают трудности, связанные с приготовлением и балансировкой фильтров с небольшой поверхностной плотностью.

Вышеуказанные недостатки устраняются при работе с аппаратурой, построенной по схеме дифференциального детектора. Такой детектор регистрирует с наибольшей эффективностью излучения, энергия которого лежит в узком диапазоне между значениями энергий краев поглощения фильтра и излучателя. Рентгеновские фильтры и излучатели представляют собой тонкие фольги из материалов, специально подобранных для каждого спектрометрического канала. Излучение вне рабочего диапазона регистрируется со значительно меньшей эффективностью.

Так, для анализа полиметаллических руд на медь, цинк и свинец использовали бездифракционный рентгеновский анализатор БАРС-3, построенный по вышеуказанной схеме. Анализатор содержит три сменные спектрометрические головки для анализа широкого круга элементов. Первая головка предназначена для проведения измерений на железо, медь, цинк и свинец, т.е. она охватывает практически все элементы, входящие в полиметаллические руды.

При измерении квантов характеристических излучений этих элементов наблюдается взаимное влияние меди и цинка, так как их аналитические линии не полностью разделяются дифференциальными детекторами. Для изучения взаимного влияния этих элементов на специальных эталонных пробах были проведены измерения. Для первой серии проб, где цинк полностью отсутствует ( $q_{Zn} = 0$ ), по мере увеличения концентрации меди, увеличивается также интенсивность квантов в канале цинка (рис. 1).

Такая же картина наблюдается и для второй серии проб, в которой меняется содержание цинка, а медь отсутствует. В тоже время каналы железа и свинца практически не реагируют на изменение меди и цинка. Попадание квантов характеристического излучения определяемого элемента в канал соседнего элемента обусловлено близостью энергии их

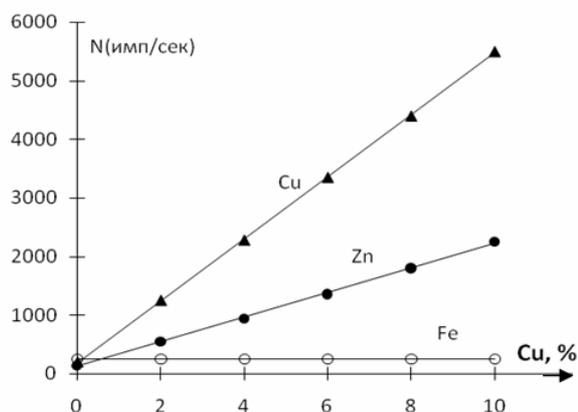


Рис.1. Результаты измерения эталонных проб для подсчета коэффициентов пропорциональностей  $K_{Cu}$  и  $K_{Zn}$ .

характеристических излучений. Так, чем меньше  $\Delta E$  разница энергии характеристических излучений этих элементов, тем больше квантов попадают в соседний канал. С помощью экспериментальных измерений установлена эта зависимость, которая представлена на рис.2.

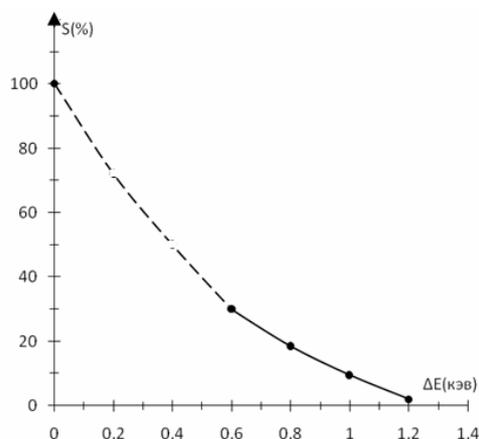


Рис.2. Зависимость взаимного влияния  $S$  от разницы энергии характеристических излучений определяемых элементов  $\Delta E$ .

Как видно из рисунка при разнице энергии характеристических излучений определяемого и соседних элементов больше чем на один кэВ, влияние  $S$  практически отсутствует, а с уменьшением этой разницы влияние  $S$  (в процентах) резко возрастает.

Взаимное влияние этих элементов учитывается с помощью следующих формул:

$$I_{Cu} = I'_{Cu} - K_{Cu} \cdot I'_{Zn},$$

$$I_{Zn} = I'_{Zn} - K_{Zn} \cdot I'_{Cu},$$

где  $I'_{Cu}$  и  $I'_{Zn}$  - интенсивности характеристических излучений меди и цинка, измеренные в соответствующих каналах,  $I_{Cu}$  и  $I_{Zn}$  - те же, с учетом взаимного влияния,  $K_{Cu}$  и  $K_{Zn}$  - коэффициенты пропорциональности, значения которых определяются экспериментальным путем из следующих условий:

$$q_{Cu} = 0; I_{Cu} = 0; K_{Cu} = \frac{I'_{Cu}}{I'_{Zn}},$$

$$q_{Zn} = 0; I_{Zn} = 0; K_{Zn} = \frac{I'_{Zn}}{I'_{Cu}}.$$

Предложенный способ учета взаимного влияния меди и цинка был применен на Арманиском месторождении при анализе порошковых проб на медь, цинк и свинец и опробовании керна на медь. Анализ начался с построения градуировочных (эталонных) графиков для чего сначала измерения проводились на порошках и кернах с известными данными химанализа. Эталонировочные графики представлены на рис.3.

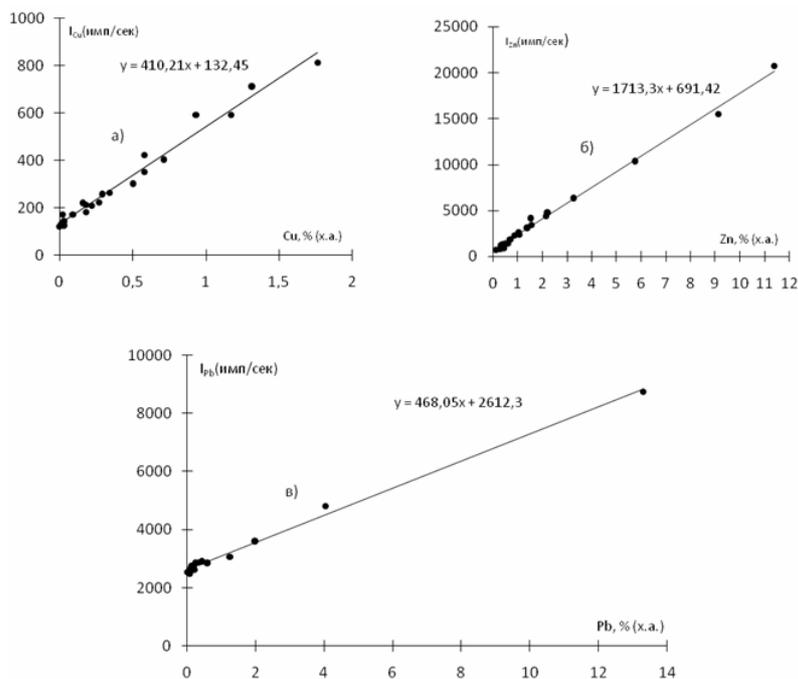


Рис.3. Эталонировочные графики для меди(а), цинка(б) и свинца(в).

При построении градуировочного графика для керна содержание меди определялось как по отдельному метровому интервалу керна, так и по рудным зонам в целом. Градуировочные графики и пример выделения

меди в керне представлены на рис.4, откуда видно, что для получения более точного и достоверного графика необходимо скорость счета характеристического излучения и содержание определяемого элемента брать по рудным зонам (рис.4,б), а не по отдельному метровому интервалу (рис.4,а).

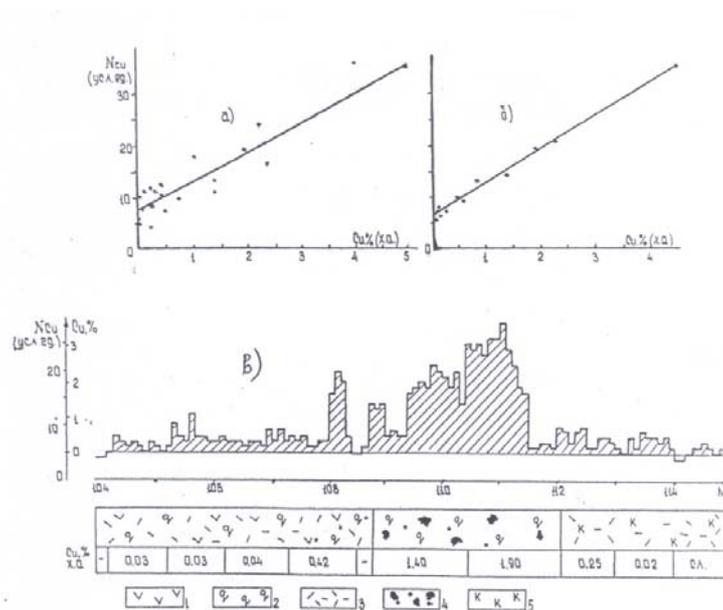


Рис.4. Градуировочные графики для определения содержания меди в керне, построенные по отдельному метровому интервалу керна(а) и по рудным зонам(б) и пример выделения меди в керне (скв.319) (в).

1 – порфириты; 2- окварцование; 3 – гидротермальное изменение; 4- сплошное оруденение; 5- карбонатизация.

Далее, имея градуировочные графики, вышеуказанным способом опробовали большой объем порошковых проб на медь, цинк и свинец и керн скважин на медь. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа порошковых проб и керна скважин.

Определяемый элемент	К-во проб или опред.	Средн. содержание(%)	Абсолютная сред. квадрат. погрешн., (%)	Относит.средняя квадрат. погр (%)	Относит.допус. расход. для химанализа(%)
Порошковые пробы					
Cu	228	0.54	0.078	14.4	15
Zn	228	2.03	0.22	10.8	15
Pb	228	1.23	0.13	10.6	12
Керны скважин					
Cu	43	1.24	0.12	10	15

При анализе проб статистическая значимость систематического расхождения между рентгенорадиометрическим и химическим анализами оценивалась по t-критерию.

Известно, что систематическое расхождение будет статистически значимым при  $t \geq 1.96$  для 95%-ного уровня доверительной вероятности (Кендалл, 1966). Если  $t < 1.96$ , то расхождение между рентгенорадиометрическим и химическим анализами является случайным и может не приниматься во внимание.

Так, при анализе порошковых проб Арманинского месторождения статистическая значимость систематического расхождения для меди, цинка и свинца составляла 1.64, 1.52 и 1.71 соответственно, а для меди в керне – 1.80.

Таким образом результаты анализа показывают, что содержания меди, цинка и свинца в рудах Арманинского месторождения рентгенорадиометрическим методом можно определить с точностью, удовлетворяющей требованиям горнодобывающих организаций.

Учитывая также экспрессность РРМ, его применение в Арманинском золото-полиметаллическом месторождении, безусловно, позволит оперативно руководить процессом эксплуатации и разработки и даст большой экономический эффект.

## ЛИТЕРАТУРА

- Кендалл М. Дж, Стьюарт А. Теория распределений. Перевод с англ. Под ред. А. Н. Колмогорова. – М.: Наука, 1966, 588с.
- Тамразян А. А. Определение меди в полиметаллических рудах рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1995, №2-3, с. 128-130.
- Якубович А. Л., Заицев Е. И., Пржиялговский С. М. Ядерно-физические методы анализа минерального сырья. – М.: Атомиздат, 1969, 451 с.

*Рецензент Мириджаниян Р.*

**ՊՂՆՁԻ, ՑԻՆԿԻ ԵՎ ԿԱՊԱՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԱՐՄԱՆԻՍԻ ՈՍԿԻ-ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹՈՒՄ ՌԵՆՏԳԵՆԱՌԱՐԻՈՉԱՓԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂՈՎ**

**Ա. Ա. Թամրազյան, Լ. Վ. Հակոբյան**

Ամփոփում

Ատոմական մոտ կարգաթիվ ունեցող էլեմենտների ռադիոչափական անալիզի ժամանակ առաջ են գալիս որոշ դժվարություններ՝ կապված կիրառվող դետեկտորների ցածր էներգետիկ թույլատրելիության հետ: Երկրորդական սպեկտրներում այդ էլեմենտների անալիտիկ գծերը մասամբ վերադրվում են և անալիզի ժամանակ փոխադրում միմյանց վրա:

Որքան փոքր է որոշվող էլեմենտների բնութագրիչ ճառագայթների էներգիաների տարբերությունը, այնքան մեծ է նրանց փոխազդեցության չափը:

Այդ կախվածության փորձնական ուսումնասիրության ժամանակ պարզվել է, որ 1կէՎ-ից բարձր արժեքների դեպքում փոխազդեցությունը գործնականում վերանում է, իսկ դրանից փոքր արժեքների դեպքում այն առկա է, ինչը մեթոդի գործնական կիրառման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել:

Հոդվածում ներկայացված է պղնձի և ցինկի փոխազդեցության հաշվի առման եղանակը, որը կիրառվել է Արմանիսի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրում փոշու նմուշներում պղնձի, ցինկի և կապարի, ինչպես նաև հորատանցքների հանուկներում պղնձի որոշման ժամանակ:

## **DETERMINATION OF COPPER, ZINC AND LEAD IN THE ORES OF ARMANIS GOLD POLYMETALLIC DEPOSIT BY X-RAY METHOD**

**A.A. Tamrazyan and L.V. Hakobyan**

### **Abstract**

Certain difficulties are encountered in the X-ray analysis of elements with similar atomic numbers, associated with their mutual influence and low energy resolution of the applied detectors. Analytical lines of these elements are partly superimposed in the secondary spectra and influence one another.

The smaller characteristic radiation energies of the determined elements the greater the rate of their mutual influence

In the course of experimental study of this dependence it was established that while this mutual influence was present in case of values smaller than 1 keV, the effect disappeared when values become greater. This should be considered when the method is applied in practice.

The article suggests a way of accounting for the mutual influence of copper and zinc, which was applied when analyzing copper, zinc and lead in powder samples from the Armanis polymetallic deposit and determining copper in borehole core.