

**ՊՂՆՁԻ ՌԵՆՏԳԵՆԱՌԱԴԻՈԶԱՓԱԿԱՆ ԱՆԱԼԻԶԸ ՆՄՈՒՇՈՒՄ  
ՄԿՆԴԵՂԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊԶՈՒՄ**

DOI: 10.54503/0515-961X-2022.75.3-5

**ԹԱՄՐԱԶՅԱՆ Ա.Ա.**

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ  
3115, ՀՀ ք. Գյումրի, Վ. Սարգսյան փ. 5  
e-mail: artush.tamrazyan@mail.ru  
Հանձնվել է խմբագրություն 15.03.2022*

Հողվածում ներկայացվում է պղնձի ռենտգենառադիոչափական անալիզի ժամանակ նմուշում որպես խանգարիչ էլեմենտի՝ մկնդեղի ազդեցությունը հաշվի առնելու և համապատասխան ուղղում կատարելու մեթոդական նոր մոտեցում, որի էությունը կայանում է նրանում, որ մկնդեղի ազդեցությունը հաշվի առնող գործակիցները որոշվում են ոչ թե տեսական-անալիտիկ էտալոնային նմուշների, այլ ուսումնասիրվող հանքավայրի ռեալ հանքանմուշների վրա չափման միջոցով: Իսկ, ի տարբերություն նախկինում ընդունված մոտեցումների, երբ ուղղումները կատարվում էին որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ռենտգենյան ճառագայթների ինտենսիվության մեջ, առաջարկվում է այն մտցնել սպեկտրալ հարաբերության դ պարամետրում: Նման եղանակով իրականացվող անալիզի ճշտությունը բարձրանում է 1,5-2,0 անգամ:

**Հանգուցային բառեր** - ռենտգենառադիոչափական մեթոդ, սպեկտր, բնութագրիչ ճառագայթներ, ցրման ճառագայթներ, սպեկտրալ հարաբերություն, ինտենսիվություն, ռադիոակտիվ աղբյուր:

Հանքավայրերի որոնման, հետախուզման և արդյունահանման բոլոր էտապներում օգտակար էլեմենտների նմուշարկման և անալիզի ժամանակ ռենտգենառադիոչափական մեթոդը (ՌՌՄ) լրացնում, իսկ որոշ դեպքերում՝ մասամբ, փոխարինում է ավանդական քիմիական անալիզի մեթոդին:

Համապատասխան ճշտություն և հուսալիություն ապահովելու համար ռենտգենառադիոչափական մեթոդը զարգանում է հիմնականում չափող սարքավորումների, ինչպես նաև չափման մեթոդների ու եղանակների կատարելագործման ուղղությամբ (Руденко 1968; Фатхутдинов 1969; Թամրազյան, 2016, 2019):

ՌՌՄ-ի ճշտության վրա ազդող հիմնական գործոններից են ուսումնասիրվող միջավայրի տարակազմությունն ու երկրորդական սպեկտրում խանգարիչ էլեմենտի ռենտգենյան բնութագրիչ ճառա-

գայթաճման լրիվ չառանձնացվող անալիտիկ գծի առկայությունը (Леман, 1978, Тамразян, 1986):

Ներկա աշխատանքում, որպես ՌՌՄ-ի ճշտության բարձրացման մեթոդական նոր եղանակ, բերված է նմուշում մկնդեղի առկայությամբ պղնձի պարունակության որոշման փորձը:

Չափումներն իրականացվել են Ֆեստիվալնոյե (ՌԴ) հանքավայրի փոշու նմուշների վրա Միներալ-4 սարքի օգնությամբ, որտեղ որպես առաջնային ռադիոակտիվ աղբյուր օգտագործվել է Cd-109 իզոտոպը 10 մկյուրի ակտիվությամբ, իսկ գրանցումները կատարվել են ПСТ-100 համեմատական հաշվիչով:

Նշենք պղնձի պարունակության որոշման ժամանակ նմուշում մկնդեղի առկայությամբ պայմանավորված մի քանի խանգարիչ գործոններ: Այսպես, պղնձի և մկնդեղի երկրորդական գործիքային սպեկտրներում նրանց անալիտիկ գծերը լրիվ չեն անջատվում, որոշ չափով ծածկում են իրար, հետևաբար մկնդեղի պարունակության աճը բերում է պղնձի տիրույթում գրանցվող քվանտների աճին՝ նրա միևնույն պարունակության դեպքում:

Խանգարիչ գործոն է նաև անալիզի ժամանակ մկնդեղի կողմից պղնձի ենթագրգռումը՝ պայմանավորված նրանով, որ մկնդեղի բնութագրիչ ճառագայթների էներգիան (10,5 կէվ) մեծ է պղնձի կլանման K-եզրի էներգիայից (8,98 կէվ): Որպես խանգարիչ գործոն հարկ է նշել նաև անալիզի ժամանակ մկնդեղի պարունակության մեծացման հետ միապատիկ ցրման ճառագայթների ինտենսիվության նվազեցումը, որը սպեկտրալ հարաբերության մեթոդով անալիզի ժամանակ որպես ներքին ստանդարտ-ֆոն օգտագործելու դեպքում բերում է նրա դ պարամետրի մեծացմանը:

Նշված բոլոր գործոնների ազդեցության արդյունքում փոշու նմուշում մկնդեղի պարունակության փոփոխումը բերում է պղնձի պարունակության որոշման սխալի: Մկնդեղի առկայության ազդեցության և նրա հետ կապված չափման արդյունքների սխալը գնահատելու և հաշվի առնելու խնդիրը անալիտիկ լուծման տեսակետից բավականին բարդ է, որովհետև յուրաքանչյուր կոնկրետ դեպքի համար այդ գործոնների ազդեցության բնույթն ու չափը խիստ փոփոխական են:

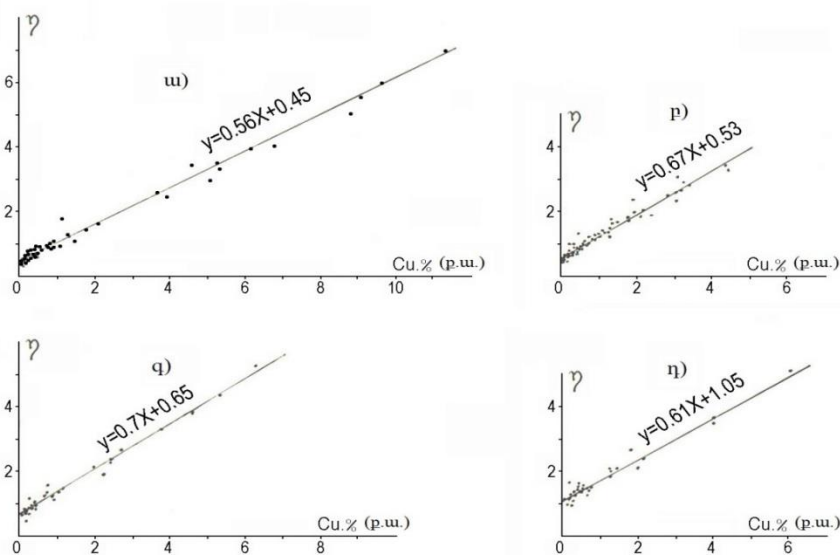
Նմուշների ՌՌՄ-ով անալիզի ժամանակ գործիքային սպեկտրում խանգարիչ էլեմենտի առկայության դեպքում նրա ազդեցության չափի գնահատման համար, սովորաբար, դիտարկումներ են կատարում հաշվարկված էտալոնային նմուշների վրա, որոնցում փոփոխվում է խանգարիչ էլեմենտի պարունակությունը: Այնուհետև դիտարկման արդյունքում որոշված ազդեցության չափը հաշվի առնող գործակցի միջոցով ըստ խանգարիչ էլեմենտի տիրույթում չափված քվանտների քանակի, ուղղում է մտցվում որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ռենտգենյան ճառագայթների ինտենսիվության մեջ (Тамразян, 2014):

Սակայն, մեր կարծիքով, որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ճառագայթների ինտենսիվության մեջ ուղղում մտցնելով հարցը չի լուծվում,

որովհետև սպեկտրալ հարաբերության եղանակով աշխատելու ժամանակ խանգարիչ էլեմենտի առկայությունը, ինչպես նշվեց վերևում, ազդում է նաև միապատիկ ցրման ճառագայթների ինտենսիվության վրա: Հետևաբար, տրամաբանական է ուղղումը մտցնել ոչ թե որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ ճառագայթման ինտենսիվության, այլ սպեկտրալ հարաբերության  $\eta$  պարամետրի մեջ, որտեղ, ինչպես հայտնի է (Мейер, 1965; Леман, 1978; Тамразян, 2007), ցրման ճառագայթներն օգտագործվում են որպես նմուշի նյութական կազմի և խտության փոփոխությունը հաշվի առնող ներքին ստանդարտ-ֆոն:

Նշված խնդիրը փորձել ենք լուծել փորձարարական դիտարկումների միջոցով, որի համար տեսական, հաշվարկված էտալոնային նմուշների փոխարեն ընտրվել են նմուշարկվող հանքավայրի ռեալ նմուշները՝ քիմիական անալիզի կրկնակի ստուգողական չափումների տվյալներով:

Ընտրված փոշու նմուշների վրա չափումները, բացի պղնձի և ռադիոակտիվ աղբյուրի միապատիկ ցրման ճառագայթների կանալներից, կատարվել են նաև մկնդեղի բնութագրիչ ճառագայթների կանալում: Այնուհետև բոլոր նմուշները, ըստ մկնդեղի կանալում գրանցված ճառագայթների ինտենսիվության, բաժանվել են առանձին խմբերի և յուրաքանչյուր խմբի համար կառուցվել է առանձին իր էտալոնային կորը (նկ.1): Սակայն պրակտիկ կիրառման տեսակետից նպատակահարմար չէ օգտվել առանձին էտալոնային կորերից՝ պետք է նրանց ներկայացնել մեկ միասնական կորով:



**Նկ.1.** Պղնձի ռենտգենառադիոչափական անալիզի էտալոնային կորերը մկնդեղի կանալում տարբեր ինտենսիվությունների համար.  $N_{AS}(\text{իմպ./վ})$  - ա) <100, բ) 100-300, գ) 300-500, զ) >500:

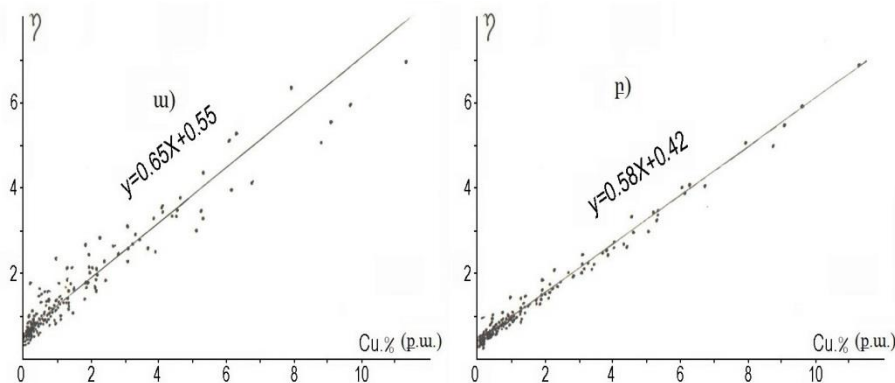
Այս կորերում վերը նշված հնարավոր ազդեցություններն ու փոխազդեցություններն իրենց իրական մեծություններով և առանձնահատկություններով, փաստորեն, ամփոփված և ներկայացված են իրենց գծային հավասարումներով:

Ինչպես երևում է նկ.1-ում բերված տվյալներից, մկնդեղի պարունակության փոփոխությունների հետ փոխվում են նաև առանձին կորերի  $y=ax+b$  տեսքի գծային հավասարման ինչպես  $a$  անկյունային գործակիցները, այնպես և  $b$  սկզբնական օրդինատները: Այստեղ սկզբնական  $b$  օրդինատը, փաստորեն, սպեկտրալ դ հարաբերության ֆոնային արժեքն է:

Միևնույն ֆոնային արժեքին և նույն անկյունային գործակիցին բերելու, այսինքն միասնական կոր կառուցելու համար, ուղղում մտցնելով դ պարամետրի մեջ մկնդեղի ազդեցությունը հաշվի առնող համապատասխան գործակիցներով, սպեկտրալ հարաբերության ուղղված դ՝ պարամետրի համար ստացել ենք հետևյալ արտահայտությունը՝

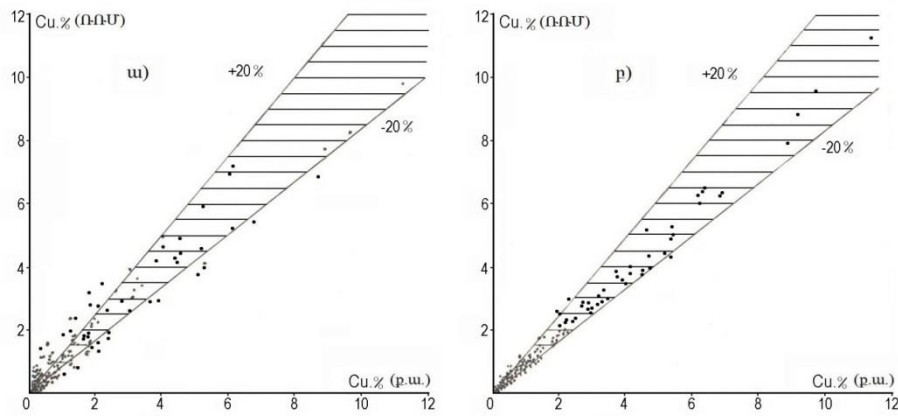
$$\eta' = 0.8326(\eta - 0.00046N_{As}):$$

Չափված շուրջ 230 նմուշների համար, հաշվելով սպեկտրալ հարաբերության ուղղված դ՝ պարամետրը, կառուցել ենք նոր միասնական էտալոնային կոր և այն համեմատել առանց ուղղման էտալոնային կորի հետ (նկ.2), որտեղ առանց ուղղման կորում (նկ.2,ա) կետերի ցրվածությունն ինքնին խոսում է նրա ցածր ճշտության մասին:



**Նկ.2.** Սպեկտրալ հարաբերության կախվածությունը պղնձի պարունակությունից մկնդեղի ազդեցության առկայության (ա) և նրա համար կատարված ուղղման (բ) դեպքերում:

Դա ավելի հստակ է երևում նմուշների քիմիական անալիզի տվյալների հետ ռենտգենառադիոչափական մեթոդների երկու եղանակով ստացված տվյալների նկ.3-ում ներկայացված համադրումից:



**Նկ.3.** Պղնձի ռենտգենառադիոչափական և քիմիական անալիզների տվյալների համադրումը մկնդեղի ազդեցության առկայության (ա) և նրա համար կատարված ուղղման (բ) դեպքերում:

Չափման արդյունքները բերված են աղյուսակ 1-ում, որտեղ տվյալ հանքավայրում ընդունված պարունակության տարբեր դասերի (<0.5%; 0.5-1.0%; >1.0%) համար հաշվված են ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի որոշման միջին քառակուսային և հարաբերական սխալները: Սխալները հաշվվել են ինչպես մկնդեղի առկայության, այնպես էլ նրա համար կատարված ուղղումների դեպքերի համար: Այդ սխալների համեմատումը թույլատրելի սխալների հետ, ակնհայտորեն ցույց է տալիս մկնդեղի ազդեցության համար կատարված ուղղումներով չափման բարձր ճշտությունը: Այսպես, ուղղում մտցնելուց հետո ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի որոշման ճշտությունը, ինչպես երևում է աղյուսակում բերված տվյալներից, բարձրանում է մոտ 1.5-2 անգամ:

Աղյուսակ 1

Փոշու նմուշներում ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի պարունակության որոշման արդյունքները

| Պարունակության դասերը, % | Միջին պարունակությունը, % | Նմուշների քանակը | Միջին քառակուսային սխալը, % |         | Հարաբերական միջին քառակուսային սխալը, % |         | Թույլատրելի հարաբերական սխալը, % |
|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------|---------|---|---------|----------------------------------|
|                          |                           |                  | առանց ուղղման               | ուղղված | առանց ուղղման                           | ուղղված |                                  |
| <0.5                     | 0.27                      | 123              | 0.14                        | 0.08    | 54                                      | 29      | 35                               |
| 0.5-1.0                  | 0.73                      | 48               | 0.16                        | 0.10    | 22                                      | 14      | 19                               |
| >1.0                     | 3.52                      | 61               | 0.42                        | 0.25    | 12                                      | 7       | 8-17                             |

Այսպիսով, առաջարկվում է պղնձի անալիզի ժամանակ մկնդեղի ազդեցության հաշվման համար ուղղումը մտցնել ոչ թե պղնձի բնութագրիչ ճառագայթման ինտենսիվության մեջ, այլ սպեկտրալ հարաբերության  $\eta$  պարամետրում, իսկ ուղղման գործակիցները հաշվելու համար օգտվել իրական, բնական հանքանմուշներից, այլ ոչ թե տեսական հաշվարկված էտալոնային նմուշներից, ինչպես սովորաբար ընդունված է:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Թամրազյան Ա.Ա.** 2016. Երկրորդական ճառագայթիչի կիրառումը  $A_{m-241}$  իզոտոպով պղնձի ռենտգենառադիոմետրական նմուշարկման ժամանակ: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, №2, էջ 56-62:
- Թամրազյան Ա.Ա.** 2019. Ռենտգենառադիոմետրական մեթոդի կիրառման առանձնահատկությունները Վրաստանի Պիտարետիի պղնձի հանքավայրում: ՇՊՀ Գիտական տեղեկագիր, №1, էջ 101-109:
- Леман Е.П.** 1978. Рентгенорадиометрический метод опробования месторождений цветных и редких металлов. Ленинград «Недра», 231с.
- Мейер В.А., Очкур А.П., Кудрявцев Ю.И., Леман Е.П., Большаков А.Ю., Нахабцев В.С.** 1965. Способ спектральных отношений в рентгенорадиометрическом методе изучения элементного состава руд в естественных условиях. «Вопросы рудной геофизики», вып. 6, с.68-73.
- Тамразян А.А.** 2007. Особенности анализа порошковых проб руд рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №3, с.59-63.
- Тамразян А.А., Акопян Л.В.** 2014. Определение содержаний меди, цинка и свинца в рудах Арманисского золото-полиметаллического месторождения рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, № 2-3, с.46-52.
- Тамразян А.А., Леман Е.П.** 1986. Рентгенорадиометрический метод опробования гетерогенных руд. Ереван, Изд. АН АрмССР, 120 с.
- Руденко Ю.П., Зызыкин К.В.** 1968. О нормах допустимых погрешностей геофизического опробования рудных месторождений. «Вопросы разведочной геофизики», вып. 7, с.72-75.
- Фатхутдинов Х.Н.** 1969. Оценка достоверности ядерно-геофизического опробования. - «Вопросы разведочной геофизики», вып. 11, с.126-130.

## РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕДИ ПРИ ПРИСУТСТВИИ МЫШЬЯКА В ПРОБЕ

**Тамразян А.А.**

### Резюме

В статье представлен новый подход для учета влияния мышьяка при анализе меди в порошковых пробах рентгенорадиометрическим методом, сущность которого заключается в том, что коэффициенты, учитывающие влияния мышьяка, определяются с помощью измерения не на аналитической модели, как обычно принято, а на реальных порошковых пробах исследуемого месторождения. При этом предлагается поправки ввести в

параметре  $\eta$  спектрального отношения, а не в интенсивность характеристического излучения меди. В результате такого подхода точность анализа меди увеличивается в 1.5-2.0 раза.

## **RADIOISOTOPE X-RAY ANALYSIS (RXRA) OF COPPER IN THE PRESENCE OF ARSENIC IN THE SAMPLE**

**Tamrazyan A.A.**

### **Abstract**

The article shows a new approach to the effect of arsenic in the analysis of copper in powder rocks by radioisotope X-ray method the essence of which is to demonstrate that the coefficients, which take into account the effect of arsenic are determined not on analytical models but on real powder samples of the studied locations.

Moreover, corrections are supposed to be introduced in the parameter of the spectral ratio, and not in the intensity of the typical study of copper. As a result of this approach, the accuracy of copper analysis increases by 1.5–2.0 times.