ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, 2024, h. 77, N 1-2, 69-78 Известия НАН РА Науки о Земле, 2024, т. 77, N 1-2, 69-78 Proceedings NAS RA, Earth Sciences, 2024, v. 77, N 1-2, 69-78

ውኮՎ 1-2	<u> ՀԱՏՈՐ 77</u>	2024

ՕԳՏԱԿԱՐ ՀԱՆԱԾՈՆԵՐ

DOI: 10.54503/0515-961X-2024.77.1-2-69

ՊՂՆՁԻ ԵՎ ՑԻՆԿԻ ՌԵՆՏԳԵՆԱՌԱԴԻՈՉԱՓԱԿԱՆ ՆՄՈՒՇԱՐԿՈՒՄԸ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ԶՏԻՉՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

Թամրազյան Արտյուշա

22 ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ 3115, 22 ք. Գյումրի, Վ. Սարգսյան փ. 5 e-mail: artush.tamrazyan@mail.ru Հանձնված է իսմբագրություն 12.06.2023

Բարդ նյութական կազմ ունեցող հանքանյութում պղնձի և ցինկի ռենտգենառադիոչափական նմուշարկման ժամանակ նրանց անալիտիկ գծերի անջատման համար կիրառվում է դիֆերենցիալ զտիչների մեթոդը։ Արգելակման ձառագայթմամբ ռադիոակտիվ աղբյուրով առաջնային գրգոման ժամանակ զտիչների պատուհան են անցնում ինչպես աղբյուրի առաջնային, այնպես էլ ուսումնասիրվող միջավայրի երկրորդական ցրման ձառագայթները, ինչի արդյունքում էապես նվազում է անալիզի ձշտությունը։ Նախկինում այդ ձառագայթներից զտիչների պատուհանը «մաքրելու» համար առաջարկվում էր չափումներ կատարել դատարկ ապարների վրա և ստացված արժեքը հանել հիմնական չափման արժեքից։ Սակայն ուսումնասիրվող միջավայրի նյութական կազմի, խտության, կառուցվածքի և ցրման ձառագայթների փոփոխմանը բերող այլ գործոնների առկայության դեպքում այս եղանակը կիրառելի չէ։ Հոդվածում առաջարկվում է ցրման ձառագայթների ազդեցության հաշվի առնման նոր եղանակ։

Բանալի բառեր. ռենտգենառադիոչափական մեթոդ, դիֆերենցիալ զտիչներ, ցրման Ճառագայթ, լուսածորում, ռադիոակտիվ աղբյուր, նմուշարկում, սպեկտր։

Մետաղային օգտակար հանածոների հանքավայրերի հետախուզման և արդյունահանման ժամանակ որոնվող Էլեմենտի պարունակության որոշման նպատակով իրականացվող նմուշարկման աշխատանքներում լայն կիրառություն են գտել միջուկային երկրաֆիզիկական մեթոդները, մասնավորապես ռենտգենառադիոչափական մեթոդը (ՌՌՄ)։

ՌՌՄ-ը, Ճշտությամբ չզիջելով քիմիական անալիզին, բավականին էժան է, արագ և, ամենակարևորը՝ օգտակար էլեմենտների պարունակությունը հանքանյութում որոշում է նրա բնական տեղադրման պայմաններում, որը հնարավորություն է տալիս ազատվելու նմուշը վերցնելու, նրա հետագա մշակման և անալիզի հետ կապված ավելորդ ծախսերից։

Բնական տեղադրման պայմաններում հանքանյութը ՌՌՄ-ի կիրառման համար հանդիսանում է բարդ միջավայր, որտեղ որոշվող էլեմենտից բացի, գտնվում են նաև այնպիսի էլեմենտներ, որոնք խանգարում են ապարատուրային երկրորդական սպեկտրում հիմնական էլեմենտի անալիտիկ գծի անջատմանը։ Այդ խնդրի լուծման համար կիրառվել են տարբեր տեսական, մեթոդական և տեխնիկական տարաբնույթ եղանակներ ու մոտեցումներ (Якубович, 1969; Большаков, 1970; Леман, 1978; Тамразян, 2014, 1995)։ Կիրառված եղանակները բավականին զարգացման էտապներ են անցել և իրենց լուրջ ներդրումն ունեցել հանքավայրում նմուշարկման տարբեր խնդիրների լուծման գործում։ Անցած դարի վերջում երկրորդական բարդ սպեկտրում անալիտիկ գծի անջատման նպատակով սկսեցին կիրառել նաև դիֆերենցիալ զտիչների եղանակը։

Որպես դիֆերենցիալ զտիչներ ընտրում են երկու հարևան այնպիսի էլեմենտներ (Z, Z+1), որոնցից մեկի կլանման K-եզրի E՛_k էներգիան մեծ լինի, իսկ մյուսինը, E^{*}_k-ը` փոքր որոշվող էլեմենտի E_{*}բնութագրիչ Ճառագայթի էներգիայից,

$E'_k < E_x < E''_k$:

Չտիչների գործողության սկզբունքը կայանում է նրանում, որ այդ երկու հարևան էլեմենտների ֆոտոնների էներգիաների µ' և µ" կլանման զանգվածային գործակիցները մոտավորապես հավասար են, բացառությամբ E՛_k-E՞_kէներգետիկ ինտերվալից, որտեղ նրանք խիստ տարբերվում են իրարից։ Քանի որ այդ ինտերվալից դուրս E₁<E՛_kև E₂>E՞_k էներգիաներով ֆոտոնների Ճառագայթների µ՛լ և µ՞շ կլանման զանգվածային գործակիցների տարբերությունը, ինչպես նշվեց, չնչին է, այն սովորաբար կոմպեսացվում է զտիչների m՛ս m՞մակերևույթային խտությունների արժեքների այնպիսի ընտրությամբ, որոնք կբավարարեն հետևյալ պայմաններին

$$\mu'(E_1)m'=\mu''(E_1)m'' \ \mu \ \mu'(E_2)m'=\mu''(E_2)m''$$

Այս պայմաններին բավարարող զտիչները կոչվում են հավասարակշռված։ Հավասարակշռված երկու զտիչներով չափված հաշվի արագությունների ΔN տարբերությունը համեմատական է Ε_{*}էներգիայով որոշվող էլեմենտի Ճառագայթման ինտենսիվությանը

$\Delta N=KN_x$,

որտեղ K- տվյալ երկուզտիչների և որոշվող Ճառագայթման ֆոտոնների էներգիայի համար հաստատուն մեծություն է։

Սակայն E՛k-E՛kէներգետիկ ինտերվալ` դիֆերենցիալ զտիչների բաց թողման պատուհան, բացի որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ Ճառագայթներից, կարող են անցնել նաև բոլոր այն ֆոտոնների իմպուլսները, որոնց էներգիան գտնվում է զտիչների բաց թողնման պատուհանի էներգիայի սահմաններում։ Երբ առաջնային գրգռման համար կիրառվում է արգելակման Ճառագայթման ռադիոակտիվ աղբյուր, ապա զտիչների պատուհան կարող են անցնել նաև ինչպես նրանց առաջնային, այնպես էլ ուսումնասիրվող միջավայրից ստացվող երկրորդական ցրման Ճառագայթները։ Այսինքն, հավասարակշռված զտիչներով, փաստորեն, «մաքրվում են» հիմնականում այն ֆոտոնների իմպուլսները, որոնց էներգիան տարբերվում է որոշվող էլեմենտի բնութագրիչ Ճառագայթների էներգիայից։

Դիֆերենցիալ զտիչների մեթոդի մշակման վաղ շրջանում իրականացված (Якубович, 1969; Большаков, 1970) նմուշարկման աշխատանքներում զտիչների բաց թողման գոտում առկա տարաբնույթ ցրման ձառագայթների ազդեցությունը գնահատելու և հաշվի առնելու համար առաջարկվել էր նախ չափումները կատարել որոնվող էլեմենտ չպարունակող, դատարկ ապարների վրա և ստացված արժեքները հանել իրական միջավայրում զտիչներով չափված հաշվի արագությունների տարբերության արժեքից։ Այս եղանակով, թերևս, կարելի էր որոշ չափով լուծել խնդիրը, եթե ուսումնասիրվող միջավայրի նյութական կազմը, խտությունը, կառուցվածքը և այլն, լինեին կայուն, անփոփոխ, որն իրական պայմաններում դժվար պատկերելի է։

Հանքաձորի, Ալավերդու պղինձ-կոլչեդանային և Արմանիսի ոսկիբազմամետաղային հանքավայրերում ռենտգենառադիոչափական նմուշարկման և անալիզի ժամանակ պղնձի (Արմանիսում նաև ցինկի) անալիտիկ գծերի անջատման համար առաջարկել ենք դիֆերենցիալ զտիչների կիրառման նոր տարբերակ, որի էությունը կայանում է հետևյալում։

Պղնձի անալիտիկ գծի (8,04 կէվ) անջատման համար կոբալտից (կլանող) և նիկելից (բաց թողնող) պատրաստված դիֆերենցիալ զտիչների բաց թողնման գոտի (մոտ 0,6 կէվ) իր K_α- անալիտիկ գծով ոչ մի խանգարիչ էլեմենտ չի մտնում։ Իսկ L_l ոչ ինտենսիվ Ճառագայթներով լավագույն դեպքում միայն մեկ էլեմենտ կարող է հայտնվել այդ պատուհանում, որի ազդեցությունը որոնվող էլեմենտի պարունակության որոշման գործում չնչին է և կարելի է այն հաշվի չառնել։

Պղնձի ռենտգենյան լուսածորման գրգոման համար որպես առաջնային ռադիոակտիվ աղբյուր օգտագործվել է ցիրկոնիումի թիրախի հետ գործող տրիտիում (H³) ռադիոակտիվ իզոտոպը։ Բավականին մեծ կիսատրոհման պարբերությունը, բարձր տեսակարար ակտիվությունն ու մատչելի գինը այս ռադիոակտիվ աղբյուրին դարձնում են հասանելի և տնտեսապես շահավետ նրա գործնական կիրառման համար։ Նշենք նաև, որ չափումները կատարվել են БРА-6 սարքով, որտեղ գրանցումներն իրականացվել են CU-6P համեմատական հաշվիչով։

Սակայն β – Ճառագայթման հիման վրա ստեղծված ռադիռակտիվ այս աղբյուրը, Ճիշտ է, ունի թիրախի (ցիրկոնիումի)K_α – Ճառագայթման մոնոխրոմատիկ գիծը, բայց նա չունի բարձր սպեկտրալ մաքրություն` պայմանավորված արգելակման լայն սպեկտրով Ճառագայթների առկայությամբ։ Այս Ճառագայթների մի մասն էլ հենց անցնում է զտիչների բաց թողնման պատուհան։

Նմուշարկման աշխատանքներն իրականացնելիս դիֆերենցիալ զտիչների պատուհանում հայտնված ցրման Ճառագայթների, որպես խանգարիչ գործոնի, «մաքրման» համար մեր կողմից առաջարկվող մեթոդի էությունը հետևյալն է։

Հերթականորեն չափելով բաց թողնող (Ni) և կլանող (C₀) զտիչներով հաշիվների N_{Ni}h N $_{\rm Co}$ արագությունները, հաշվում ենք նրանց $\Delta N=N_{\rm Ni}$ - N $_{\rm Co}$ տարբերությունը։ Այնուհետև կատարում ենք նույն չափումները` առաջնային ռադիոակտիվ աղբյուրը ծածկելով պղնձի բարակ թիթեղով։ Թիթեղում, կլանելով իր կլանման K-եզրից բարձր էներգիայով Ճառագայթները, պղնձի ատոմները գրգովում են և տալիս 8,04 կէվ էներգիայով բնութագրիչ Ճառագայթներ։ Նրանք, հեշտությամբ անցնելով թիթեղով (պղնձե թիթեղը իր բնութագրիչ Ճառագայթների համար թափանցիկ է), ուսումնասիրվող միջավայրում չառաջացնելով պղնձի լուսածորում, տալիս են ցրման ձառագայթներ։ Հետևաբար ռադիռակտիվ աղբյուրը պղնձե թիթեղով ծածկելու դեպքում դիֆերենցիալ զտիչներով չափված հաշվի արագությունների $\Delta N_{
m P}$ տարբերությունը պայմանավորված կլինի հիմնականում միայն ցրման ձառագայթներով։ Ռադիոակտիվ աղբյուրը առանց պղնձե թիթեղով ծածկելու դեպքի համար ստացված տարբերության ΔN արժեքից հանելով ΔN_P , կստանանք միայն որոշվող էլեմենտի (պղնձի) բնութագրիչ Ճառագայթների ինտենսիվությամբ պայմանավորված ∆N′արժեքը

$\Delta N' = \Delta N - K \Delta N_{P}$:

Այստեղ, հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ թիթեղով ռադիոակտիվ աղբյուրը ծածկելու դեպքում թուլանում է Ճառագայթման ընդհանուր (այդ թվում և ցրման) ինտենսիվությունը, հետևաբար $\Delta N'$ -ի արտահայտության մեջ ΔN -ի և ΔN_P -ի համամասնությունը պահպանելու համար գնահատել ենք թիթեղով անցնելուց հետո Ճառագայթման թուլացման չափը և համապատախան K գործակցով ուղղում մտցրել ΔN_P -ի արժեքի մեջ։ ՈՒղղման գործակիցը հաշվել ենք հետևյալ կերպ։

Կլանման զանգվածային μ_mգործակցով և m մակերեսային խտությամբ թիթեղով անցնելուց հետո ձառագայթների I_թինտենսիվությունը հաշվել ենք I_թ=ω_kI_oe^{μ_mm} արտահայտությամբ, որտեղ I_o–առաջնային ձառագայթման ինտենսիվությունն է, իսկ ω_k-ն թիթեղի նյութի ատոմների գրգռման ժամանակ նրա լուսածորման ելքի գործակիցը։

Մեր կողմից իրականացված պղնձի նմուշարկման աշխատանքների ժամանակ կիրառված 0,02մմ հաստությամբ պղնձե թիթեղի համար (m=0,017գսմ⁻²; μ_m =25սմ²գ⁻¹; ω_k =0,34) ստացվել է I_P=0,22I₀, որտեղից I₀=4,54I_P, այսինքն ΔN_P -ի ուղղման գործակիցը 4,54 է։

Նշված եղանակով բարդ սպեկտրից պղնձի անջատման օրինակ է բերված նկ. 1-ում, որտեղ ներկայացված է երկրորդային ապարատուրային ինտենսիվության սպեկտրները առանց զտիչների կիրառման (կոր 1) և զտիչներով (կոր 2)։



Նկ.1. Հանքանմուշի (Cu=1,6%; Zn=2,71%; Pb=22,5%) ապարատուրային երկրորդային սպեկտրը առանց զտիչների կիրառման (1) և զտիչներով (2)։

Առաջարկվող մեթոդիկան կիրառել ենք Հանքաձորի և Ալավերդու պղինձ-ծծմբակոլչեդանային, ինչպես նաև Արմանիսի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրերում։

Հանքաձորի հանքավայրի հանքամարմինները ներկայացված են հիմնականում երակային-ներփակվածքային հանքայնացմամբ, քվարցսուլֆիդային երակներով և ոսպնյականման հանքակուտակներով։ Հանքային երակներն ըստ կազմի բաժանվում են քվարց-պղինձ-ծծմբակոլչեդայինի և փշրաքարային պղինձ-ծծմբակոլչեդայինի։ Միներալոգիական կազմում գերակշռում են խալկոպիրիտը, պիրիտը, հեմատիտը և մագնետիտը (Мадатян, 1973)։

Ալավերդու հանքավայրում նույնպես բնորոշ են երակային ներփակվածքային հանքայնացման տիպերը։Առավել զարգացած հանքայնացման երակային տիպը ներկայացված է առավելապես պիրիտ-խալկոպիրիտային կազմով (Խաչատուրյան, 1977)։ Արմանիսի հանքավայրի հանքային գոտիները ներկայացված են հիմնականում քվարց-պիրիտխալկոպիրիտային և խալկոպիրիտ-սֆալելիտ-գալենիտային երակներով և երակիկներով` պղնձի, կապարի և ցինկի արդյունաբերական պարունակությամբ։

Հանքաձորի և Ալավերդու հանքավայրերում պղնձի նմուշարկման ժամանակ որպես խանգարիչ էլեմենտ, փաստորեն, հանդես է գալիս հիմնականում երկաթը, որը մասնակցում է ինչպես պղնձի հետ նույն միներալում` խալկոպիրիտում, այնպես էլ առանձին երկաթի միներալներում։ Որպես խանգարիչ էլեմենտ Արմանիսում երկաթից բացի մասնակցում են նաև ցինկը և կապարը` իր L- սերիայով։Հանքաձորի և Ալավերդու հանքավայրերում առաջարկվող եղանակով իրականացված ռենտգենառադիոչափական նմուշարկման օրինակներ են բերված համապատասխանաբար նկ. 2-ում և նկ. 3-ում։



Նկ. 2. Հանքաձորի 4-րդ հանքուղու 19-րդ կողափորվածքում պղնձի ռենտգենառադիոչափական նմուշարկման օրինակ։

Ա – ակոսի երկրաբանական ուրվանկարը, Բ, Գ – պղնձի պարունակությունը ակոսային և ռենտգենառադիռչափական նմուշարկումով (%), 1- պորֆիրիտ; 2- տուֆափշրաքարեր; 3- հիդրոթերմալ փոփոխություն; 4- պիրիտիզացիա; 5- պղնձի հանքայնացում; 6- տեկտոնական խախտում։



Նկ. 3. Լեռնային փորվածքի պատերով (Ալավերդի, հանքուղի 5, շտրեկ 5) ռենտգենառադիոչափական մեթոդով պղնձի նմուշարկման օրինակ։

Ա – ակոսի երկրաբանական ուրվանկարը, Բ, Գ – պղնձի պարունակությունը ակոսային և ռենտգենառադիոչափական նմուշարկումով (%), 1- տուֆեր և տուֆափշրաքարեր; 2- հիդրոթերմալ փոփոխվածություն; 3- էպիդոտիզացիա; 4- պիրիտիզացիա; 5- պղնձի հանքայնացում; 6երկրաբանական խախտման սահմաններ։

Արմանիսում 2-րդ հանքուղու 8-րդ քվերշլագում իրականացված նմուշարկման արդյունքները ներկայացված են նկ. 4-ում։ Այստեղ, բացի պղնձից, նմուշարկվել է նաև ցինկը, որի անալիտիկ գծի անջատման համար կիրառվել են նիկելից (կլանող) և պղնձից (բաց թողնող) պատրաստված դիֆերենցիալ զտիչները, իսկ ցրման Ճառագայթների ազդեցության հաշվի առնման համար այս դեպքում առաջնային ռադիոակտիվ աղբյուրը (H³/Z₂) ծածկվել է ցինկի թիթեղով, այսինքն՝ ցինկի անալիտիկ գծի անջատման տեխնոլոգիական սխեման նույնն է, ինչ պղնձինը։



Նկ. 4. Արմանիսի 2-րդ հանքուղու 8-րդ քվերշլագում ցինկի (ա) և պղնձի (բ) ռենտգենառադիռչափական նմուշարկման օրինակ։

Այսպիսով, տարբեր հանքավայրերում դիֆերենցիալ զտիչների նոր եղանակով կիրառման արդյունքները վկայում են նրա բարձր արդյունավետության ու հուսալիության մասին։ Բացի այդ, զգալիորեն բարձրանում է նմուշարկման զգայունականությունը` պայմանավորված որոնվող էլեմենտի անալիտիկ գծի հստակ անջատմամբ և ցրման ձառագայթների ֆոնային արժեքների նվազեցմամբ։ Իսկ որոշ տեղերում երկրաբանական և ռենտգենառադիոչափական մեթոդներով ստացված տվյալների տարբերությունը բացատրվում է հիմնականում հանքայնացման անհամաչափ բաշխվածությամբ և նրանով, որ այդ երկու եղանակները իրար նկատմամբ լինում են համատեղված կամ կցորդված, այսինքն չափվում են տարբեր ծավալներ` երկրաբանականի դեպքում` ակոսից վերցրած նյութը, իսկ ՌՌՄ-ով` ակոսով բացված մակերևույթը։ Նման դեպքերում առաջարկվում է մեթոդների համեմատման և օբյեկտիվ գնահատման համար ստացված տվյալները միջինացնել ըստ հանքային գոտիների։

Գրականություն

- **Якубович А.Л., Зайцев Е.И.** 1969. Пржиялговский С.М. Ядернофизические методы анализа минерального сырья. Атомиздат, М., 415 с.
- **Большаков А.Ю.** 1970, Рентгенорадиометрический метод исследования состава горных пород. М., Атомиздат, 133 с.
- Тамразян А.А., Акопян Л.В. 2014. Определение содержаний меди, цинка и свинца в рудах Арманисскогозолото-полиметаллического месторождения рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, № 2–3, с. 46–52.
- Тамразян А.А. 1995. Определение меди в полиметаллических рудах рентгенорадиометрическим методом. Изв. НАН РА, Науки о Земле, XLVIII, № 2–3, с. 128–130.
- **Леман Е.П.** 1978. Рентгенорадиометрический метод опробования месторождений цветных и редких металов. Ленинград, «Недра», 231 с.
- Мадатян Э.М. 1973. Геология и металлогения Севано-Амасийской зоны. Изд. «Айастан», Ереван, 195 с.
- **Хачатурян** Э.А. 1977. Минералогия, геохимия и генезис руд колчеданной формации Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 318 с.

РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ МЕДИ И ЦИНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ

Тамразян Артюша

Резюме

При рентгенорадиометрическом опробовании меди и цинка в рудах сложного вещественного состава для выделения аналитических линий этих элементов обычно применяются дифференциальные фильтры.

При первичном возбуждении с радиоактивным источником тормозного излучения в окно дифференциальных фильтров входят рассеянные излучения как от источника первичного излучения, так и вторичные рассеянные излучения от исследуемых сред, что приводит к существенному уменьшению точности опробования.

Для учета вклада мешающих излучений, т.е. для очистки окна дифференциальных фильтров от рассеянных излучений, сначала измеряются разности счета на пробе, не содержащий определяемый элемент и полученное значение вычитается из основного измерения. Однако, изменения вещественного состава, плотности, структуры исследуемой среды, а также наличие других факторов, приводящих к изменению рассеянных излучений, этот способ неприменим. В данной статье предлагается новый способ учета влияния рассеянных излучений, свободный от указанных недостатков.

X-RAYRADIOMETRIC TESTING OF COPPERAND ZINC U SING DIFFERENTIAL FILTERS

Tamrazyan Artyusha

Abstract

In X-ray radiometric testing of copper and zinc in ores with complex compositions, differential filters are typically used to isolate the analytical lines of these elements.

During the primary excitation with a radioactive source of bremsstrahlung, both the scattered radiation from the primary source and the secondary scattered radiation from the studied materials enter the window of the differential filters, which significantly reduces the accuracy of the testing.

To account for the contribution of interfering radiation and to clean the window of the differential filters from scattered radiation, the count differences are first measured on a sample that does not contain the element being determined, and the obtained value is subtracted from the main measurement. However, this method is not applicable due to changes in the material composition, density, structure of the studied material, as well as the presence of other factors that lead to changes in scattered radiation.

This article proposes a new method for considering the influence of scattered radiation, free from the mentioned drawbacks.