Revista Cubana de Física Vol. 1 No. 2, 1981

ANÁLISIS DE MUESTRAS GEOLÓGICAS CUBANAS CON LA UTILIZACIÓN DE UN ACELERADOR CÍCLICO DE ELECTRONES: MICROTÓN

M. Leonard
Comisión de Energía Atómica de Cuba
Yu. M. Tsipiniuk
Instituto de Problemas Físicos de la Academia de Ciencias de la URSS.

ABSTRACT

The sphere of utilization of nuclear physical methods in geology is very wide, ranging from seeking and exploration of useful mineral bed, the control of the elaboration of the numeral material and until of the depths and about the depth of the element composition for geochemical purposes.

In the paper, an instrumental way of the activation analysis method is offered; the element composition of geological samples from the late Las Villas province is made, taken from the geological raising made by the Institute of Geology of the Academy of Sciences. The method is based on the utilization of gamma ray and neutron flux from a 17 Mev ciclycal electron accelerator (microtron).

RESUMEN

La esfera de utilización de los métodos físico-nucleares en Geología es muy amplia desde las búsquedas y exploraciones de los yacimientos minerales útiles, el control de la elaboración de la materia prima minera, hasta la determinación de los fondos y sobre el fondo de los contenidos de elementos para objetivos geoquímicos.

En este trabajo se ofrece una variante instrumental del método de análisis por activación, se analiza la composición elemental de muestras geológicas procedentes del levantamiento geológico en la antigua provincia de Las Villas por el Instituto de Geología de la Academia de Ciencias, utilizando el flujo de radiación gamma y de neutrones de un acelerador cíclico de electrones, "microtrón" de 17 Mev.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo impetuoso de la Física Nuclear en los dos últimos decenios determinó y de un modo excepcional el rápido crecimiento de su utilización en las tareas analíticas. La exigencia a la sensibilidad y a la selectividad de los métodos constantemente aumenta y si en los años treinta era suficiente una sensibilidad de 10^{-2}-10^{-3}%, actualmente para una serie de materiales semiconductores se considera insuficiente la magnitud 10^{-10}% /1/.

Todas las crecientes demandas a la sensibilidad de los métodos analíticos están condicionadas por una parte, con el agotamiento de las reservas de recursos naturales y con la utilización en la industria de cada vez más pobres yacimientos, y por otro lado, con la extracción de elementos raros, cada vez más ampliamente utilizados en la técnica contemporánea.

Las investigaciones analíticas en Geología se llevan a cabo, tanto en la fase de búsqueda de recursos naturales, que se caracteriza por la necesidad de análisis del contenido de un gran número de elementos con gran sensibilidad, como en la fase de exploración, en qué determinante es la representatividad de la muestra analizada, que permite efectuar la correcta evaluación de las reservas de materias primas, o la fase del procesamiento industrial, que demanda métodos muy expresos y de gran selectividad.

Los métodos analíticos tradicionales están fundamentados en las diferencias de las propiedades Físico-Químicas de las sustancias y elementos. Ellos incluyen en sí el análisis espectral, el químico, la espectrometría de masas, la cromatografía y otros.

Los métodos Físico-Nucleares están fundamentados en las diferencias de las propiedades no sólo de elementos separados, sino y los diferentes isótopos, lo que amplía extraordinariamente el cúmulo de tareas a resolver con su ayuda, especialmente en la Geoquímica y en la actualidad superan en mucho a los métodos químicos y físico-químicos, debido a que constituyen un método expreso, además por su selectividad, sensibilidad e incluso por su costo.

Uno de los elementos interesantes desde el punto de vista de la Geología lo constituye el Cesio, cuya determinación de sus concentraciones por los métodos químicos habituales resulta difícil. El Cesio no sólo constituye un metal industrialmente valioso, sino que además es un importante indicador geoquímico frecuentemente señalado en la génesis de rocas mineras y minerales.

En el trabajo /2/ se estudió la posibilidad de utilización de la variante instrumental del análisis por activición neutrónica para la determinación del cesio en el rango de concentración de $n.10^{-6}$%. En la Fig. 1 está representado el espectro de radiaciones de muestras activadas con neutrones, con un contenido de cesio igual a $1,3.10^{-5}$%.

La reproductibilidad de la determinación del Cs por el método de análisis por activación no destructivo, se determinó como el error en la determinación del cesio en las muestras patrones de rocas standard (para el standard CГ-1 este error es igual al 6%) y el error estadístico de las mediciones de la cantidad de impulsos en los picos de las líneas analíticas (en las condiciones de este trabajo es igual a 3-4%). De esta manera el error relativo total en la determinación del cesio por el método de activación no supera el 10%.

Otro ejemplo de la efectividad del análisis por activación lo constituye el trabajo /3/ realizado por los autores para la determinación de oro en objetivos geológicos utilizando neutrones resonantes de un acelerador cíclico de electrones "microtron" /4/.

El análisis por activación neutrónica del oro esta fundamentado en la reacción $^{197}Au(n,\gamma)^{198}Au$ y en esta variante del análisis masivo de contenido de oro en rocas mineras geológicas se obtuvo una sensibilidad de 1.10^{-7}g/g con una irradiación simultánea de 15 kg de muestras y la productividad de la espectrometría gamma es de 3 min en el análisis con un peso de los neutrones no menor de 50 g.

En la Fig. 2 se muestra una parte del espectro de la muestra conteniendo 0,5 g/ton de oro después de 110 horas de enfriamiento.

En la actualidad, para la solución de muchas tareas analíticas además del método de análisis por activación neutrónica

se ha comenzado a utilizar el método de activación gamma. Esto está condicionado con el surgimiento de fuentes de radiaciones ionizantes de gran intensidad. Una de esas fuentes lo constituye el acelerador cíclico resonante de electrones "Microtron" que combina en sí las ventajas del Betatron y del acelerador lineal produciendo un potente haz de electrones (hasta 0,7-1 Kw).

En este trabajo se investigó las posibilidades analíticas del microtron para análisis por activación neutrónica y gamma, en un conjunto de 4 tipos de muestras geológicas, producto del levantamiento geológico a escala 1:250000 llevada a cabo por el Instituto de Geología de la A.C.C. en la antigua provincia de las Villas.

PARTE EXPERIMENTAL

Muestras en forma de polvo con pesos de 2-3 gramos empaquetados en cápsulas de plexiglas con un diámetro interior de 20 mm y una altura de 4 mm fueron irradiadas en un flujo de fotoneutrones y de radiaciones gamma del microtron de 17 MeV.

Las mediciones de las muestras actividas fueron realizadas con un detector de Ge(Li) con un volumen sensible de 23 cm^3, con una resolución de 3,5 KeV para la línea de 662 KeV y para el registro de los espectros un analizador de 800 canales, de la firma Nokia tipo LP-4840.

En calidad de monitor del haz fueron utilizadas láminas de cobre con un diámetro de 25 mm y con un peso de 400 mg.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la tabla 1 están representadas las reacciones, por las cuales se forman los isótopos que se identificaron. Durante la identificación de los radioisótopos partimos de la energía de los cuantos gamma detectados, período de vida media y las relaciones de las intensidades de las áreas de los fotopicos, cuando en un isótopo dado se tienen varias líneas intensas.

En las tablas 2 y 3 se muestran los resultados del análisis por activación cualitativo y cuantitativo de las muestras cubanas.

La selección de los regímenes óptimos de irradiación, enfriamiento y medición durante la activación con diferentes haces del microtron permitió identificar el conjunto de elementos que aparecen en las tablas correspondientes a los 4 tipos de muestras geológicas. No resultó posible determinar en la muestra RC-7231 el contenido de los elementos Si, Fe por los radioisótopos ^{28}Al, ^{53}Fe, debido a una gran actividad inducida de los isótopos ^{62}Cu, ^{64}Cu. La determinación cuantitativa del Si es interferida por el aluminio por la reacción ^{28}Al. Para evadirse de la contribución del ^{28}Al, se utilizó pantallas de cadmio para la determinación del Si.

CONCLUSIONES

La determinación de un conjunto de elementos en muestras geológicas cubanas por el método de análisis por activación utilizando un microtron desarrollado en el Instituto de Problemas Físicos de la Academia de Ciencias de la URSS demuestra que es una interesante herramienta para el Análisis con radiaciones gamma y fotoneutrones.

Además, seleccionando adecuadamente en forma experimental el tiempo de enfriamiento de los isótopos, se puede en gran medida evadirse de la actividad inducida de los radioisótopos interferentes. El tiempo óptimo de enfriamiento es seleccionado de las demandas de los valores máximos de la relación Sn/Sf (donde Sn - es el área del fotopico por el cual se lleva a cabo el cálculo del contenido del elemento y Sf - es el área del fondo).

Hay que señalar que la sensibilidad y la exactitud de los análisis se puede elevar considerablemente con el correspondiente aumento del peso de las muestras.

La continuación de este trabajo ofrece la posibilidad de realizar un estudio más profundo en regiones mineras de interés para nuestro país. Ofrece a su vez la ventaja de ser un método rápido de gran selectividad y sensibilidad y en comparación con otras técnicas analíticas es de muy bajo costo el análisis elemental de cada muestra.

BIBLIOGRAFÍA

1 Alimarin, I. P., Iakovlev Yu. V. Sbornik iadernofizieneskie metodi analiza viesmestva M., Atomizdat, 1971, 5.

2 Vaganov P. A. Zdukovski A. N., Meier V. A. y Kuzmin S. A. ñedestructivnoe aktivatsionnoe e opredelenie tsezia v shirokom diapazone kontsentratsii, Zdurnal analiticheskoi jimii, Tom XXXIII, vip 3, 1978, 478-487.

3 Bazarkina T. V., Bielov A. G., Viropaev V. IA, Kulkina L. P., Maslov O. D., Tetieriev Yu. G. Priminenie mikrotrona dlia opredelenia zolota y geologuiheskij obiektaj metodom aktivatsii résonansnimi neitro tronami preprint oiai, Dubna 1979, 18-12629.

4 Kapitza S. P. Meliojin V. N. Mikrotron, M., Izdatielstvo Nauka, 1969.

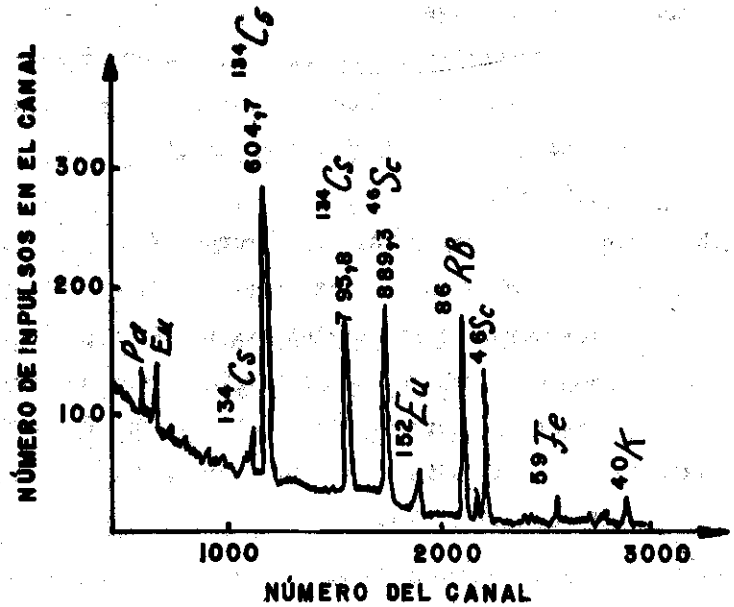

Fig. 1 Espectro de las radiaciones γ de muestras con un contenido de Cesio de $1,3.10^{-4}$. (La masa de las muestras 55 mg; tiempo de medición - 1000 seg.)

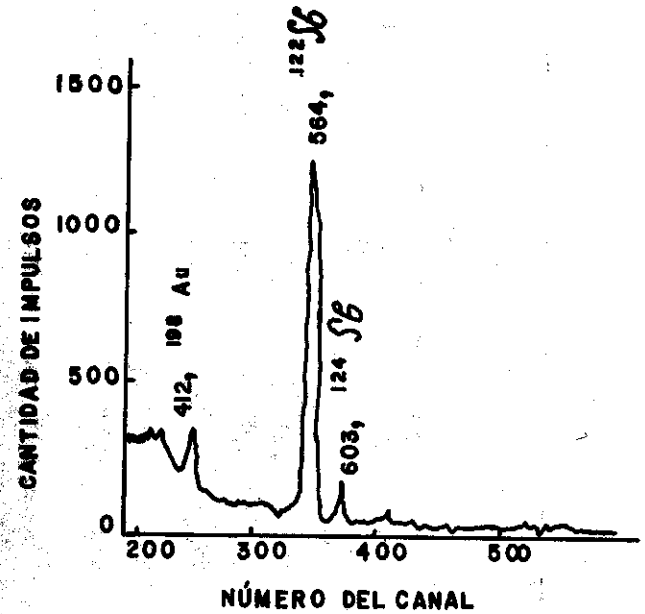

Fig. 2 Parte del espectro γ de la muestra geológica con contenido de Oro de 0,5 g/ton.

Tabla 1

Elementos activados con fotoneutrones y radiaciones gamma en cuatro tipos de muestras geológicas.

Elemento	Isótopo que se forma	Reacción	E, KeV	$T_{1/2}$
Cobre	^{62}Cu	$^{63}Cu(\gamma,n)^{62}Cu$	511	9,8 min
	^{64}Cu	$^{65}Cu(\gamma,n)^{64}Cu$	511	12,8 h
Plomo	^{203}Pb	$^{204}Pb(\gamma,n)^{203}Pb$	279	52 h
Hierro	^{53}Fe	$^{54}Fe(\gamma,n)^{53}Fe$	378	8,5 min
Manganeso	^{56}Mn	$^{55}Mn(n,\gamma)^{56}Mn$	846	2,6 h
Aluminio	^{28}Al	$^{27}Al(n,\gamma)^{28}Al$	1778	2,3 min
Vanadio	^{52}V	$^{51}V(n,\gamma)^{52}V$	1432	3,8 min
Samario	^{153}Sm	$^{152}Sm(n,\gamma)^{153}Sm$	102	2 d

Tabla 2

Resultados del análisis de cuatro tipos de muestras geológicas con la ayuda de haces de neutrones y radiaciones gamma del microtrón de 17 MeV.

Elemento	Contenidos en las muestras		%,	
	RC-723I	RC-700	C-5-113 B	RC-273 B.
Al	0,6	3,2	10,0	1,3
Mn	$2,10^{-3}$	5.10^{-4}	0,21	$4,9.10^{-3}$
V	$3,3.10^{-4}$	-	$5,5.10^{-5}$	$1,3.10^{-5}$
Sm	-	-	1.10^{-4}	-
Na	$.10^{-2}$	10^{-2}	1	10^{-2}
Cu	$35 < x \leqslant 50$	-	-	-
Si	-	5	x	20
Pb	5.10^{-2}	-	-	-

Tabla 3

Valores experimentales de la sensibilidad límite en la detección de algunos elementos de las muestras geológicas.

Elemento	Muestra Geológica	Reacción Nuclear	E KeV	Tiempo de Irradiación	Tiempo de medición (min)	Sensibilidad %
Al	RC-723I	$^{27}Al(n,\gamma)$	1778	10 min/3		3.10^{-3}
Cu	RC-723I	$^{65}Cu(\gamma,n)$	511	3 h /3		2.10^{-1}
Pb	RC-723I	$^{204}Pb(\gamma,n)$	279	3 h /20		2.10^{-2}
Mn	RC-700	$^{55}Mn(n,\gamma)$	846	10 min/15		2.10^{-4}
V	RC-5-113B	$^{51}V(n,\gamma)$	1432	10 min/3		4.10^{-5}
Sm	RC-5-113B	$^{152}Sm(n,\gamma)$	101	10 h /60		2.10^{-5}
	RC-1-113B	$^{154}Sm(\gamma,n)$	101	5 h /60		4.10^{-5}
Fe	RC-273-B	$^{54}Fe(\gamma,n)$	378	15 min/5		1.10^{-1}