



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شناسایی درصد فراوانی مس موجود در خاک معدن سونگون اهر با استفاده از آنالیز فعال سازی نوترونی

غائبی، میثم؛ روزه دار مقدم، رامین؛ ذوالفقارپور، فرهاد

دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده

در این مقاله، درصد فراوانی عنصر مس موجود در نمونه‌ی خاکی که از معدن سونگون اهر آورده شده است، با استفاده از فعال سازی آن در مقابل چشمه‌ی نوترونی آمرسیوم - برلیوم و شمارش میزان اکتیویته‌ی آن با استفاده از آشکارساز یدور سدیم سه اینچی مشخص شده است. اندازه‌گیری‌های انجام شده، نشان داد که با استفاده از آشکارساز یدور سدیم، می‌توان با دقت قابل قبول تا دو دهم درصد، فراوانی عنصر مس موجود در خاک را تعیین کرد.
کلید واژه‌ها: درصد فراوانی عنصر مس، فعال سازی نوترون، فعالیت، شناسایی عناصر، پرتودهی با نوترون

مقدمه

آنالیز فعال سازی نوترونی، یک روش تحلیلی با دقت و حساسیت بسیار بالا برای آنالیز کیفی و کمی نمونه‌های مختلف به منظور شناسایی و تعیین عناصر موجود در نمونه‌ها است. حساسیت و دقت این روش به عواملی از قبیل شدت باریکه‌ی نوترونی، نیمه عمر محصول واکنش، زمان تابش دهی و شرایط اندازه‌گیری از قبیل زمان اندازه‌گیری، بازده آشکارساز و پارامترهای هسته‌ای از قبیل فراوانی ایزوتوپ موجود در نمونه، سطح مقطع جذب نوترون، نیمه عمر و شدت پرتوهای گامای گسیل شده وابسته است [۱].
از آنجایی که بخشی از کمر بند فلزهای آلپ-همیالیا که دارای رگه‌ی مس با عیار حدود ۰/۶۱٪ است از منطقه‌ی اهر عبور می‌کند، منطقه‌ی سونگون اهر دارای معدن بسیار عظیمی از مس می‌باشد [۲]. با شناسایی درصد فراوانی مس موجود در خاک معدن سونگون اهر و مقایسه با خاک مناطق دیگر که روی کمر بند فلزهای آلپ-همیالیا در ایران قرار دارند، می‌توان معادن دیگری را نیز کشف کرد.

روش کار

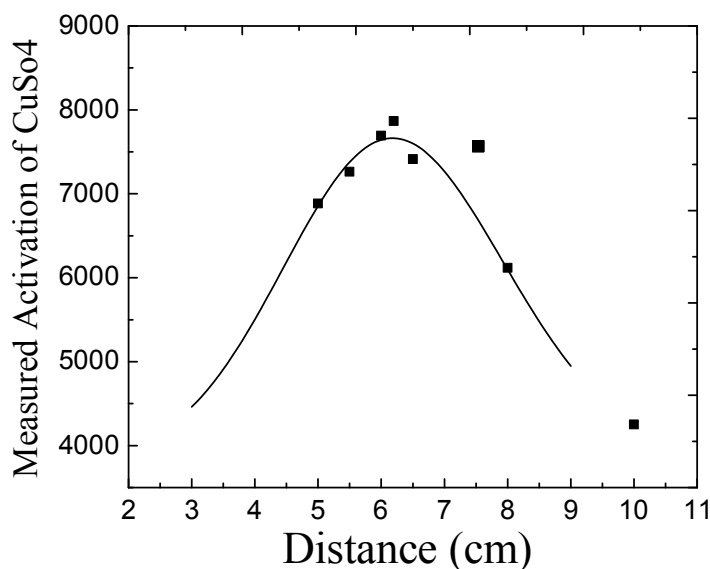
چشمه‌ی نوترونی مورد استفاده، چشمه‌ی ایزوتوپی آمرسیوم - برلیوم شناور در محفظه‌ی آب، با شار نوترون حدود $10^6 \frac{n}{cm^2.s}$ و میانگین انرژی نوترون اولیه‌ی ۴/۴ MeV و آشکارساز مورد استفاده، آشکارساز سوسوزن یدور سدیم سه اینچی می‌باشد. واکنش‌های هسته‌ای مورد استفاده در روش فعال سازی نوترونی، واکنش‌های گیراندازی



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

نوترون یا واکنش‌های (n, γ) نامیده می‌شوند. در طیفین واکنش‌ها، برای هر هسته، یک گامای بخصوص که گامای مشخصه آن هسته است، آزاد می‌شود [۳]. در این مقاله، گاماهای تاخیری آشکارسازی می‌شوند. عنصر مس، ترکیبی از دو ایزوتوپ پایدار $^{63}_{29}\text{Cu}$ (۶۹٪) و $^{65}_{29}\text{Cu}$ (۳۱٪) است که تحت تابش نوترون، به ایزوتوپ‌های پرتوزای $^{64}_{29}\text{Cu}$ (نیمه عمر ۱۲/۷ ساعت) و $^{66}_{29}\text{Cu}$ (نیمه عمر ۵/۱۲ دقیقه) تبدیل می‌شوند. عنصر مس، سطح مقطع جذب مناسبی برای نوترون‌های حرارتی (۴/۵۲ بارن برای ایزوتوپ $^{63}_{29}\text{Cu}$ و ۲/۱۷ بارن برای ایزوتوپ $^{65}_{29}\text{Cu}$) دارد [۴]. دقت و حساسیت اندازه‌گیری با استفاده از آنالیز فعال‌سازی نوترونی، رابطه‌ی مستقیمی با میزان شار نوترون‌های حرارتی دارد [۵]. به همین علت در شروع کار، برای بدست آوردن فاصله‌ای که در آن شار نوترون‌های حرارتی بیشینه می‌شود، نمونه‌هایی از سولفات مس در فاصله‌های مختلف از چشمه، در بازه‌های زمانی یکسان قرار داده شد. برای هر فاصله، سطح زیر منحنی طیف بیشینه‌ی گاما اندازه‌گیری شده و در شکل (۱) آورده شده است. مشاهده می‌شود که در فاصله‌ی ۶/۲ سانتی‌متری از چشمه‌ی نوترونی، حداکثر شار نوترون‌های حرارتی حاصل می‌شود.



شکل ۱: نمودار فعالیت اندازه‌گیری شده بر حسب فاصله‌ی نمونه از چشمه‌ی نوترون

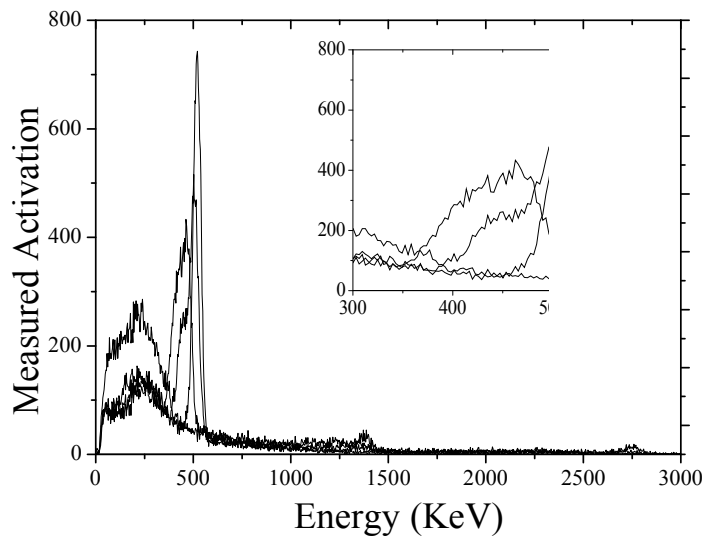
در اندازه‌گیری‌های اولیه، بیشینه‌های انرژی طیف گامای حاصل از نمونه‌ها، به دلیل زمینه‌ی زیاد موجود در محیط آزمایشگاه چندان واضح نبودند. به منظور کاهش زمینه‌ی تداخل‌کننده، یک حفاظ سربی به شکل پوسته‌ی استوانه‌ای که تمام قسمت‌های آشکارساز را پوشش می‌داد ساخته شد. پس از قرار دادن آشکارساز در داخل این حفاظ، بیشینه‌ها بهبود یافته و واضح‌تر شدند. با این حال، در طی اندازه‌گیری‌های متوالی مشاهده شد که در کارکرد طولانی و بدون



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

وقفه‌ی آشکارساز، بیشینه‌های انرژی به سمت انرژی‌های پایین‌تر منتقل می‌شوند (شکل ۲). این مشکل، به دلیل تجمع بار بر روی آشکارساز در اندازه‌گیری‌های متوالی اتفاق می‌افتاد که راه‌حل این مشکل، اتصال به زمین آشکارساز و حفاظ‌ها و تخلیه‌ی الکتریکی آن‌ها با استفاده از پوشش فویل آلومینیومی (با ضخامت حدود ۰/۱۳ میلی‌متر) بود (شکل ۳).



شکل ۲: انتقال تدریجی بیشینه‌ها به سمت انرژی‌های کمتر در اندازه‌گیری‌های متوالی



شکل ۳: اتصال به زمین آشکارساز و حفاظ‌ها

پس از این مرحله، بیشینه‌های انرژی طیف گاما از وضوح بیشتری برخوردار شده و تعیین درصد فراوانی عنصر مس موجود در نمونه‌ها، با دقت بالاتری میسر گردید. نتایج نهایی اندازه‌گیری، با در نظر گرفتن تمهیدات فوق برای نمونه‌های مختلف به دست آمده است.

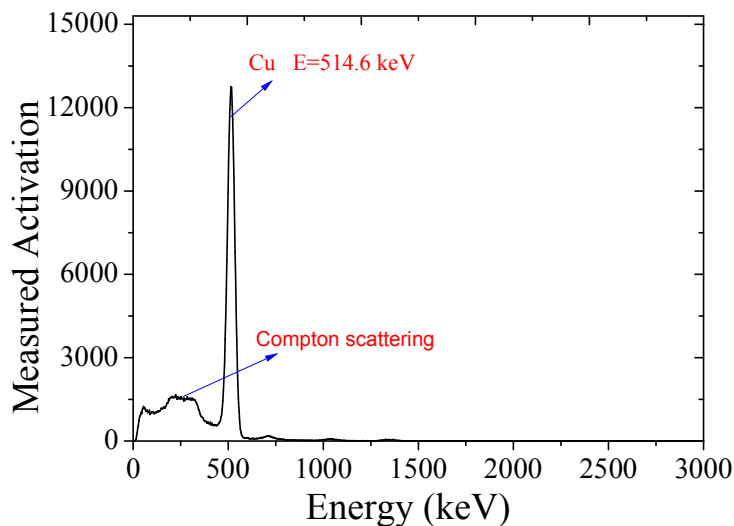
نتایج



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

در فاصله‌ی ۶/۲ سانتی‌متری از چشمه‌ی نوترونی، نمونه‌ای از پودر مس با درصد خلوص ۹۹٪ به جرم بیست گرم به عنوان نمونه‌ی استاندارد، به مدت ۴۸ ساعت تحت تابش با نوترون قرار داده شد. نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای نمونه‌ی استاندارد در شکل (۴) آورده شده است.



شکل ۴: نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای نمونه استاندارد

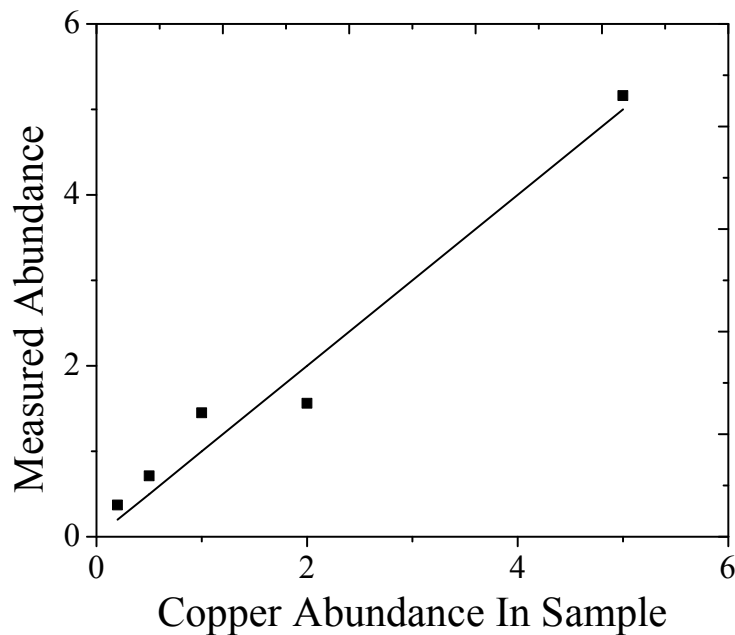
در ادامه، نمونه‌های خاک حاوی درصد‌های مشخصی از پودر مس به جرم بیست گرم، در فاصله‌ی ۶/۲ سانتی‌متری از چشمه و به مدت ۴۸ ساعت تحت تابش با نوترون قرار گرفتند. با محاسبه‌ی سطح زیر منحنی طیف بیشینه‌ی گاما برای هر یک از نمونه‌ها و مقایسه‌ی آن با سطح زیر منحنی طیف بیشینه‌ی گامای نمونه‌ی استاندارد، نموداری حاصل شد که نشان‌دهنده‌ی نسبت درصد اندازه‌گیری شده به درصد واقعی مس است و در شکل (۵) آورده شده است.

در محاسبه‌ی سطح زیر بیشینه برای نمونه‌ها، شمارش خالص با کم کردن شمارش زمینه از شمارش مربوط به هر یک از آن‌ها به دست آمده است.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۵: نسبت درصد اندازه‌گیری شده به درصد واقعی مس موجود در نمونه‌ها. محور افقی، مقدار واقعی مس موجود در نمونه و مربع‌ها، مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهند و خطای اندازه‌گیری با میزان انحراف از خط مشکی تعیین می‌شود

با توجه به شکل (۵) مشاهده می‌شود که درصد‌های اندازه‌گیری شده، همخوانی خوبی با درصد‌های واقعی مس موجود در نمونه‌ها دارد (دقتی در حد ۰/۲٪).

در فرآیند تولید مس از سنگ معدن، پس از اینکه سنگ‌ها از معدن مس استخراج شدند، وارد دستگاه سنگ‌شکن شده و پس از عملیاتی موسوم به تغلیظ سازی، نوعی خاک که کنسانتره‌ی مس نامیده می‌شود تولید می‌شود که برای معدن سونگون اهر، عیار کنسانتره‌ی مس ۳۰٪ می‌باشد.

در انتها، نمونه‌ای از کنسانتره‌ی مس در فاصله‌ی ۶/۲ سانتی‌متری از چشمه‌ی نوترونی و به مدت ۴۸ ساعت تحت تابش با نوترون قرار داده شد. نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای کنسانتره‌ی مس در شکل (۶) آورده شده است.

با محاسبه‌ی سطح زیر منحنی طیف بیشینه‌ی گامای حاصل از کنسانتره و مقایسه‌ی آن با سطح زیر منحنی طیف بیشینه‌ی گاما برای نمونه‌های معلوم و استاندارد، درصد اندازه‌گیری شده برای کنسانتره‌ی مس ۲۶/۸۲٪ بدست آمد که کاملاً به مقدار واقعی نزدیک است.



بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکم ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شکل ۹: نمودار میزان فعالیت اندازه‌گیری شده برحسب انرژی برای کنسانتره‌ی مس تهیه شده از معدن مس سونگون اهر

بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری فعالیت نمونه‌های پرتوزا نشان داد که دقت حاصل از آنالیز را می‌توان با استفاده از حفاظ سربی با ضخامت بیشتر، هندسه‌ی مناسب حفاظها و استفاده از فویل رسانای جریان الکتریسیته به منظور تخلیه‌ی بار الکتریکی جمع شونده بر روی آشکارساز و حفاظها در حین آشکارسازی، تا حد چشمگیری بهبود بخشید و آن را از ۰/۲٪ به زیر ۰/۱٪ رساند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده‌ی آن است که اندازه‌گیری درصد فراوانی مس موجود در خاک با استفاده از آنالیز فعال‌سازی نوترونی برای شناسایی معادن مس بسیار مناسب است، زیرا خاک بیشتر معادن مس موجود در ایران حاوی حدود ۰/۵٪ مس است.

مراجع

- [1] H.R. Verma; "Atomic and Nuclear Analytical Methods"; Berlin: Springer; 375P, 2007.
- [2] M. Ghorbani; "The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources"; Amsterdam: Springer Netherlands; 581P, 2013.
- [3] R. R. Greenberg and P. Bode and E. A. De Nadai Fernandes; "Neutron activation analysis: A primary method of measurement"; *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 66; 193-241, 2011.
- [4] R. B. Firestone and V. S. Shirley; "Table of Isotopes"; New Jersey: Wiley-Interscience; 1419P, 1996.
- [5] J. R. Lamarsh and A. J. Baratta; "Introduction to Nuclear Engineering"; 3rd edition, New Jersey: Prentice Hall. 783P, 2001.