

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH ĐỒNG THỜI CÁC NGUYÊN TỐ Sn, As, Bi, W TRONG ĐẤT ĐÁ, QUẶNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ PHÁT XẠ PLASMA CẢM ỨNG (ICP-OES)

NGUYỄN VĂN ĐỊNH, NGUYỄN THỊ HIỆP, DƯƠNG QUANG NGUYỆT, VŨ MINH THANH

Trung tâm Phân tích Thí nghiệm, Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam, 200 Lý Chính Thắng, Q.3, Tp. Hồ Chí Minh

**Tóm tắt:** Phương pháp phân tích quang phổ phát xạ nguyên tử dựa trên nguyên tắc đo cường độ vạch phổ phát xạ của các nguyên tố có trong mẫu nghiên cứu khi bị kích thích bằng nguồn năng lượng cao. Cường độ vạch phổ phụ thuộc vào hàm lượng của các nguyên tố chứa trong mẫu và được ghi lại bằng detector. Dựa trên nguyên tắc này, nghiên cứu các điều kiện tối ưu của thiết bị cũng như các tác nhân ảnh hưởng đến vạch phổ của các nguyên tố W, Sn, As, Bi trong mẫu quặng, đất đá. Từ đó xây dựng đường chuẩn và quy trình cụ thể cho phương pháp xác định W, Sn, As, Bi bằng phương pháp ICP-OES.

## I. MỞ ĐẦU

Công tác điều tra địa chất, thăm dò khoáng sản ngày nay luôn đòi hỏi các phòng thí nghiệm phải nghiên cứu ứng dụng các phương pháp khoa học hiện đại mới để đạt được các yêu cầu ngày càng cao trong công tác nghiên cứu thành phần vật chất của đất đá và quặng. Các phương pháp đó phải có độ chính xác cao, độ lặp lại tốt, khoảng hàm lượng xác định phải rộng, tốn kém ít chi phí và thời gian.

Để xác định các nguyên tố W, Sn, As, Bi trong quặng, đất đá phục vụ cho công tác điều tra, thăm dò khoáng sản, các phòng thí nghiệm đã nghiên cứu đưa ra nhiều quy trình để áp dụng. Mỗi một phương pháp, một quy trình đều có những ưu nhược điểm nhất định. Để xác định hàm lượng các nguyên tố đó thường phải sử dụng bằng nhiều các phương pháp phân tích khác nhau như: phân tích hóa đối với chỉ tiêu Sn, phương pháp hấp thụ nguyên tử đối với As, Bi và so màu đối với W [1]. Tuy nhiên, nhóm nguyên tố đó là những nguyên tố dễ bay hơi nên những phương pháp phân tích trên gặp nhiều hạn chế như: có độ nhạy thấp, độ lặp không cao, thời gian phá hủy mẫu lâu gây tốn kém chi phí, độc hại [8]. Để khắc phục được những nhược điểm này, ngày nay người ta thường sử dụng các phương pháp hiện đại có độ nhạy, độ chọn lọc cao như ICP-OES, ICP-MS [5]. Song, trong phương pháp ICP-OES, quá trình nguyên tử hóa mẫu và ion hóa các nguyên tố phân tích thường có mặt các ion khác trong mẫu sẽ gây ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Bên cạnh đó quá trình phân hủy hoàn toàn mẫu phải sử dụng một số hóa chất, điều này tác động không nhỏ đến độ nhớt có trong nền mẫu [2, 6, 7, 9]. Để xác định đồng thời hàm lượng các nguyên tố trên, công trình này nghiên cứu một số các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ phát xạ của các nguyên tố cần phân tích để tìm ra các điều kiện tối ưu của thiết bị và từ đó xây dựng đường chuẩn cũng như xây dựng một quy trình cụ thể để xác định những nguyên tố W, Sn, Bi, As trong mẫu quặng, đất đá bằng phương pháp ICP-OES.

## II. THỰC NGHIỆM

### 1. Thiết bị, dụng cụ và hóa chất

- Máy quang phổ plasma cảm ứng ICP-OES, DV 5300- Perkin Elmer (Mỹ);
- Acid clohydric HCL 36,5% Specpure, Merck;
- Natriperoxid  $\text{Na}_2\text{O}_2$  loại PA;
- Dung dịch chuẩn các nguyên tố W, Sn, Bi, As 1000 ppm của Merck;

- Các fixanal chuẩn gốc dùng cho ICP của hãng Merck với nồng độ 5.000 $\mu$ g/ml của các nguyên tố: Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Ti, Mn;

- Nước siêu sạch;

- Khí argon 99,999%.

## 2. Nguyên lý của phương pháp

### a) Xử lý mẫu:

Mẫu đem phân tích là đất đá, quặng có hàm lượng các nguyên tố W, Sn, As và Bi phổ biến từ 0,01% đến vài phần trăm. Mẫu được phân hủy bằng dung dịch  $\text{Na}_2\text{O}_2$  trong lò nung chảy, hoà tan khối chảy. Đun kỹ dung dịch trong cốc để đảm bảo mẫu được hòa tan hoàn toàn. Sau đó chuyển toàn bộ dung dịch vào bình định mức và đo quang phổ phát xạ trên thiết bị ICP-OES.

### b) Đo phổ phát xạ:

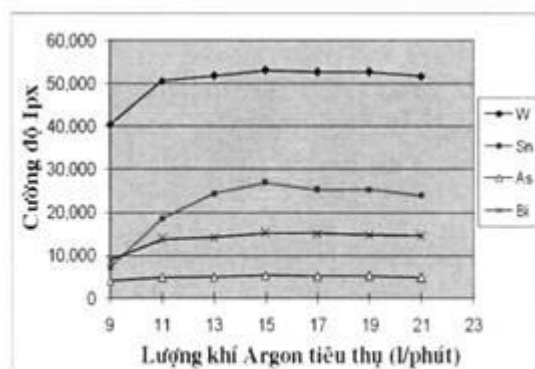
Phương pháp phân tích quang phổ phát xạ nguyên tử dựa trên nguyên tắc đo cường độ vạch phổ phát xạ của các nguyên tố có trong mẫu nghiên cứu khi bị kích thích bằng nguồn năng lượng cao. Cường độ vạch phổ phụ thuộc vào hàm lượng của các nguyên tố chứa trong mẫu và được ghi lại bằng detector. Hàm lượng của các nguyên tố cần phân tích được tính toán tự động nhờ phần mềm tin học chuyên dụng [1,3].

## III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 1. Khảo sát các điều kiện của máy

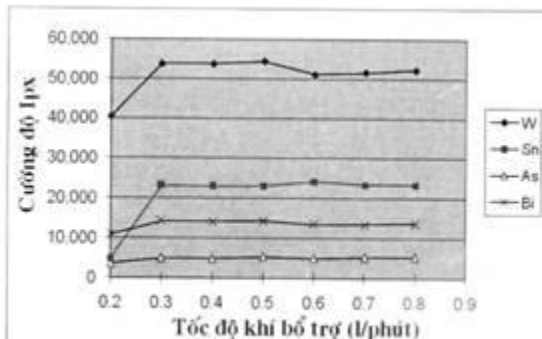
Các thông số của máy gồm công suất cao tần, tốc độ khí argon, lưu lượng khí hỗ trợ, tốc độ hút dung dịch, kiểu đồ thị chuẩn, chế độ đo dọc trục hay xuyên tâm, vạch phổ lựa chọn, điều kiện ghi phổ đều là những yếu tố có ảnh hưởng khá lớn đến đến độ nhạy và độ chọn lọc của phương pháp ICP-OES. Các thông số này rất cần thiết phải xem xét và tối ưu. Nghiên cứu sự phụ thuộc của cường độ vạch phổ vào các điều kiện của máy, chúng tôi sử dụng nồng độ các nguyên tố trong dung dịch phân hủy mẫu tương ứng với hàm lượng thường thấy của chúng có trong các mẫu đất đá. Nền mẫu cũng được tạo gần giống với nền mẫu sau khi phân hủy. Kết quả khảo sát được biểu diễn trên các Hình 1-4.

*Khảo sát lượng khí argon tiêu thụ:* Cố định công suất cao tần ở 1.300 W và khí hỗ trợ là 0,5 l/phút. Tương quan giữa lượng khí argon tiêu thụ và cường độ phát xạ ( $I_{px}$ ) được thể hiện trên Hình 1. Khi tăng lượng khí argon thì cường độ của các vạch phổ Sn, W, As, Bi có xu hướng tăng lên sau đó giảm dần xuống. Ở mức lượng khí argon là 15 l/phút thì cường độ của các vạch phổ Sn, W, As và Bi đạt cực đại và ổn định.



Hình 1. Cường độ phát xạ  $I_{px}$  thay đổi theo lượng khí argon tiêu thụ.

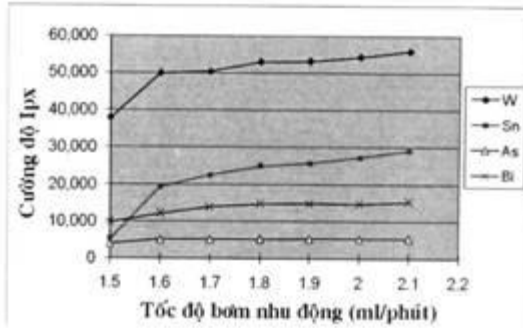
*Khảo sát lượng khí argon bổ trợ:* Cũng tương tự như quá trình khảo sát lượng khí tiêu thụ, chúng tôi khảo sát lượng khí argon bổ trợ bằng cách cố định công suất cao tần là 1.300 W và khí argon tiêu thụ là 15 l/phút. Khi tăng khí argon bổ trợ từ 0,2 l/phút đến 0,8 l/phút cường độ của các vạch phổ tăng, tuy không thay đổi nhiều nhưng agron tăng ở mức 0,5 l/phút thì các vạch phổ tăng ở mức tối ưu (Hình 2).



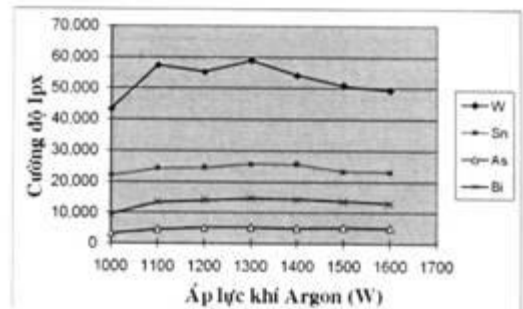
Hình 2. Cường độ phát xạ  $I_{px}$  thay đổi theo lượng khí argon bổ trợ.

*Khảo sát tốc độ bơm nhu động (tốc độ hút dung dịch):* Tốc độ hút dung dịch có liên quan trực tiếp tới cường độ phổ hay nói khác đi có liên quan trực tiếp đến độ chính xác, độ lặp lại và giới hạn phát hiện của phương pháp. Do đó cần khảo sát lựa chọn một tốc độ thích hợp. Trong phần khảo sát này, cố định công suất cao tần 1.300 W, lượng khí tiêu thụ 15 l/phút, lượng khí bổ trợ 0,5 l/phút. Khi tăng tốc độ của bơm nhu động từ 1,5-1,8 ml/phút,  $I_{px}$  tăng dần một cách tuyến tính nhưng không lớn. Nếu xem xét trong một khoảng hẹp hơn từ 1,8-2,1 ml/phút thì  $I_{px}$  của các nguyên tố không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể, do đó giá trị tốc độ được chọn là 1,8 ml/phút. Với dung dịch đo phổ là môi trường vô cơ không phức tạp như dung môi hữu cơ nên giá trị đã chọn trên có thể chấp nhận được (Hình 3).

*Khảo sát công suất cao tần:* cố định lượng khí Ar tiêu thụ 15 l/phút, lượng khí argon bổ trợ 0,5 l/phút. Cường độ phát xạ  $I_{px}$  của các nguyên tố tăng dần khi công suất cao tần vào khoảng từ 1.000-1.300 W. Ở 1.300 W, cường độ  $I_{px}$  của ba nguyên tố nghiên cứu (trừ W) đều ổn định và cao. Công suất cao tần đạt từ 1.400- 1.600 W, cường độ của các nguyên tố hầu như giảm xuống và không ổn định (Hình 4). Chính vì vậy, chúng tôi dùng công suất cao tần là 1.300 W phù hợp để đo phổ phát xạ plasma.



Hình 3. Cường độ vạch phát xạ  $I_{px}$  theo tốc độ bơm nhu động.



Hình 4. Cường độ vạch phát xạ  $I_{px}$  theo công suất cao tần.

Ngoài các thông số quan trọng đã khảo sát ở trên thì một số thông số khác cũng được khảo sát và lựa chọn, như tóm tắt ở Bảng 1 dưới đây

Bảng 1. Các thông số được chọn để định lượng W, Sn, As, Bi

Thông số	Giá trị được chọn	Thông số	Giá trị được chọn
Công suất RF	1300 W	Thời gian đo	10 giây
Lưu lượng khí Ar bổ trợ	0,5 l/phút	Số lần đo lặp	3 lần
Tốc độ argon tạo Plasma	15 ml/phút	Tốc độ khí Argon bơm rửa	4 l/phút
Tốc độ hút dung dịch	1,8 ml/phút	Tốc độ khí argon làm sạch camera	80 ml/phút
Áp lực khí argon	25 psi	Chế độ đo	Xuyên tâm

## 2. Nghiên cứu lựa chọn các bước sóng để định lượng Sn, W, As, Bi

Trong phân tích phổ phát xạ nguyên tử, mỗi nguyên tố cần phân tích có rất nhiều vạch phổ (bước sóng) khác nhau. Đối với thiết bị phân tích quang phổ Plasma đồng thời các vạch phổ liền kề chênh lệch bước sóng  $<0,01$  nm sẽ gây nhiễu nhau. Việc lựa chọn các bước sóng của nguyên tố phân tích là rất cần thiết để làm sao các bước sóng được lựa chọn không bị ảnh hưởng của các bước sóng khác và phải có độ nhạy cao, độ lặp lại ổn định.

Trong các loại mẫu quặng, đất đá ngoài các nguyên tố cần phân tích thì sự có mặt của các nguyên tố chính như : Al, Fe, Ca, Mg, K, Ti, Mn chiếm đáng kể, hàm lượng của chúng thường từ một vài phần trăm đến vài chục phần trăm trong khi các nguyên tố Sn, W, As, Bi thì chỉ chiếm khoảng từ 0,01% đến vài phần trăm. Để lựa chọn những bước sóng ít ảnh hưởng đến nhau qua các

nghiên cứu khảo sát chúng tôi đã lựa chọn được những bước sóng tối ưu cho các nguyên tố cần phân tích ở Bảng 2:

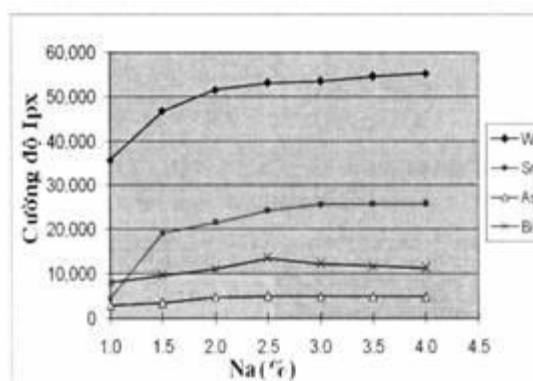
Bảng 2. Các vạch phổ tối ưu lựa chọn để xác định W, Sn, As, Bi

STT	Nguyên tố	Bước sóng (nm)	STT	Nguyên tố	Bước sóng (nm)
1	W	207,912	7	Ca	317,993
2	Sn	189,927	8	Mg	285,313
3	As	188,979	9	Ti	336,121
4	Bi	223,061	10	Mn	259,373
5	Al	198,042	11	K	766,491
6	Fe	238,204			

### 3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nền mẫu

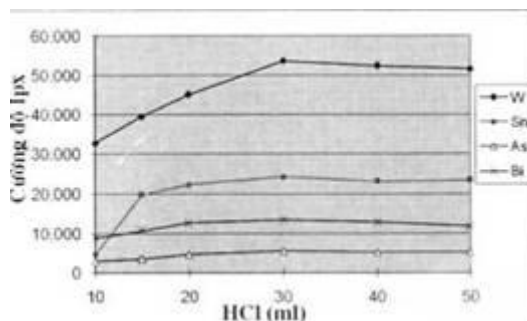
Cường độ vạch phổ bị ảnh hưởng rất lớn vào độ nhớt của dung dịch nền mẫu. Trong khi mẫu được phá hủy hoàn toàn nhờ nung chảy với  $\text{Na}_2\text{O}_2$  và hòa tan bằng acid HCL 30%, bởi vậy việc nghiên cứu khảo sát nồng độ của  $\text{Na}_2\text{O}_2$  và HCL thích hợp để cường độ vạch phổ các nguyên tố w, Sn, As, Bi lớn nhất và ổn định nhất. Nhờ việc nghiên cứu này để tính toán đưa vào phân hủy mẫu một lượng  $\text{Na}_2\text{O}_2$  và HCL thích hợp để tạo được nền mẫu ít ảnh hưởng nhất đến cường độ phát xạ của các nguyên tố cần phân tích.

*Khảo sát nồng độ Na trong dung dịch:* Khảo sát cường độ phát xạ của các nguyên tố W, Sn, As, Bi trong nền dung dịch có chứa HCL 2M và nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}_2$  đưa vào dung dịch khảo sát từ 1% đến 4,5%. Cường độ phát xạ của W, Sn tăng dần lên, của As, Bi tăng lên có xu hướng giảm xuống. Nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}_2$  càng cao thì dung dịch càng nhớt. Vì vậy chọn nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}_2$  là 2,5% là tối ưu cho cường độ phát xạ của cả W, Sn. As. Bi (Hình 5).



Hình 5. Sự phụ thuộc của cường độ phát xạ  $I_{px}$  vào nồng độ Na (%).

*Khảo sát nồng độ acid HCl:* Dùng HCL trong công đoạn hòa tan mẫu thành dung dịch do nền của HCL ổn định ít bị nhiễu và dễ dàng chuẩn bị. Chính vì những ưu điểm đó, chúng tôi tiến hành khảo sát lượng HCL này. Kết quả của quá trình khảo sát được trình bày trong Hình 6.



Hình 6. Cường độ phát xạ  $I_{px}$  thay đổi theo lượng HCl.

Khi lượng HCl ở trong khoảng từ 20- 40 ml thì cường độ phát xạ  $I_{px}$  của hầu hết các nguyên tố khá ổn định. Vì thế, chúng tôi chọn mức trung bình nhất và ổn định nhất là 30 ml (tương ứng với nồng độ 2M).

#### 4. Xây dựng đường chuẩn

##### a) Nghiên cứu ảnh hưởng của các nguyên tố đa lượng lên các nguyên tố vi lượng:

Khi phân tích quang phổ phát xạ, ngoài việc phải xử lý các nhiễu nhiễu quang phổ, vật lý, hoá học,... người phân tích còn phải xử lý nhiễu của các nguyên tố đa lượng lên các nguyên tố vi lượng. Các ảnh hưởng này có thể làm tăng hay giảm các tín hiệu thật đo được. Trong phạm vi phân tích của nghiên cứu này, khảo sát một số ion kim loại có trong dung dịch sau khi phân hủy mẫu chủ yếu là các nguyên tố có hàm lượng lớn gồm các nguyên tố Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Ti, Mn luôn luôn hiện diện trong mẫu cùng với các nguyên tố cần phân tích. Việc khảo sát này nhằm xử lý các nhiễu nhiễu do nền mẫu gây ra tới phép đo ICP-OES của các nguyên tố cần phân tích bằng cách pha vào các dung dịch chuẩn các nồng độ đa lượng tương đương có trong mẫu phân tích. Nồng độ của các nguyên tố trong 4 dung dịch chuẩn A, B, C, D và dung dịch trắng được thể hiện trong Bảng 3.

##### b) Đo dãy chuẩn, dựng đường chuẩn:

Đường chuẩn của các nguyên tố W, Sn, As, Bi và các nguyên tố đa lượng được xây dựng bằng phần mềm tin học Winlab 32” (Hình 7).

Bảng 3. Nồng độ dãy chuẩn của các nguyên tố phân tích và các nguyên tố ảnh hưởng

Số TT	Nguyên tố	Nồng độ các nguyên tố trong các dãy chuẩn (ppm)				
		A	B	C	D	E
1	W	6	3	1,5	0,6	0
2	Sn	6	3	1,5	0,6	0
3	As	6	3	1,5	0,6	0
4	Bi	6	3	1,5	0,6	0
5	Mn	30	15	7,5	3	0
6	K	100	50	25	10	0
7	Mg	200	100	50	20	0
8	Ca	300	150	75	30	0
9	Fe	500	250	125	50	0
10	Al	500	250	125	50	0
11	P	40	20	10	4	0
12	Ti	50	25	12,5	5	0





Hình 7. Đường chuẩn của các nguyên tố.

## 5. Nghiên cứu giới hạn phát hiện

Trong phân tích quang phổ theo Kaiser thì giới hạn dưới của phương pháp ứng với một vạch phổ nhất định được xác định bằng 3 lần dao động của nền và được tính theo công thức sau :

$$MDL = 3\sigma(n) = 3(I_v - I_n)$$

Trong đó:  $\sigma(n)$ : dao động của nền đo phổ;  $I_n$ : cường độ của nền đo phổ;  $I_v$ : cường độ phát xạ của vạch phân tích ứng với nồng độ  $C_{min}$  là nồng độ nhỏ nhất, mà ứng với các nồng độ  $C_x$  nào nhỏ hơn nó, vạch phổ không xuất hiện. Ngược lại với các nồng độ  $C_x$  lớn hơn nó, vạch phổ xuất phát rõ ràng, có thể quan sát được.

Bi 223.061

Dựa trên nguyên lý này, với quy trình có lượng mẫu đem phân hủy theo phương pháp là 0,1 g và dung dịch định mức 100 ml, để xác định giới hạn phát hiện, tiến hành pha chế dung dịch chuẩn cho từng nguyên tố. Mỗi nguyên tố có tối thiểu 3 mức nồng độ, trong đó  $x_1$  là nồng độ nhỏ nhất, tiếp theo là các mức  $x_2, \dots, x_i$ . Đo phổ phát xạ sẽ tìm được các giá trị cường độ phát xạ hoặc các mức nồng độ tương ứng:  $y_1, y_2, \dots, y_i$ . Căn cứ vào các giá trị nồng độ đã cho giới hạn phát hiện của từng nguyên tố phân tích được tính toán và đưa ra trong Bảng 4 dưới đây:

Bảng 4. Giới hạn phát hiện của các nguyên tố phân tích

STT	Nguyên tố	GHPH trong dung dịch đang đo (mg/l)	GHPH trong mẫu (ppm)	GHPH trong mẫu phương pháp hoá (ppm)
1	W	0,01266	10	100
2	Sn	0,00748	10	1.000
3	As	0,02106	20	20
4	Bi	0,00600	10	3

Như vậy, giới hạn phát hiện của các nguyên tố được xác định là: 10 ppm đối với W, Sn và Bi; 20 ppm đối với As trong mẫu quặng

#### 6. Quy trình phân hủy mẫu

Với các khảo sát về nền mẫu, nguyên tố ảnh hưởng, giới hạn phát hiện, các tác giả đưa ra một quy trình chế hóa mẫu như sau:

Cân 0,1000 g quặng vào chén Niken 50 ml đã có sẵn 3 g  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , dùng đũa thủy tinh trộn đều, lau đầu đũa bằng một mảnh giấy lọc không tro và cho mảnh giấy đó vào chén, phủ lên bề mặt hỗn hợp 1g  $\text{Na}_2\text{O}_2$  nữa. Đặt chén vào lò ở nhiệt độ 600-650°C với thời gian khoảng 10 phút. Mở lò, dùng kẹp lắc chén để đảo đều hỗn hợp nóng chảy. Đậy nắp lò, giữ nhiệt độ trên khoảng 10-15 phút nữa. Gấp chén ra khỏi lò, để nguội bớt, tráng sạch phía ngoài chén bằng acid chlohydric loãng (10%) và sau đó bằng nước cất [5].

Cho chén vào cốc thủy tinh dung tích 250 ml, rót từ từ vào đó 50-70 ml nước cất nóng, đậy nắp kính đồng hồ. Sau khi ngừng phản ứng, tráng nắp kính, dùng đũa thủy tinh có đầu bọc cao su rửa, lấy khối chảy ra khỏi chén. Rửa chén bằng nước cất, sau đó bằng 5-10 giọt acid HCL (1:1) và tráng lại bằng nước cất. Thêm 30 ml acid HCL đậm đặc, đun sôi kỹ dung dịch và tua trong cốc đến hết những bọt khí nhỏ. Để nguội đến nhiệt độ phòng.

Chuyển tất cả dung dịch và tua vào bình định mức dung tích 100 ml, thêm nước cất đến vạch, lắc đều, sau đó lọc khô. Dung dịch thu được đem đo trên máy ICP-OES.

Tiến hành xử lý mẫu trắng song song với mẫu phân tích. Mẫu trắng là mẫu không cần quặng, trải qua các bước giống như phân hủy mẫu thực để loại ảnh hưởng của các cấu tử nhiễu trong quá trình xử lý mẫu.

#### 7. Kết quả xác định các nguyên tố trong mẫu chuẩn

Áp dụng các thông số tối ưu ở Bảng 1 và những kết quả khảo sát nền mẫu và những nguyên tố ảnh hưởng như trình bày ở trên để phân tích mẫu chuẩn quốc tế. Kết quả phân tích các mẫu chuẩn này được thể hiện ở Bảng 5.



Bảng 5. Kết quả phân tích mẫu chuẩn quốc tế

STT	Nguyên tố	Mẫu tiêu chuẩn quốc tế								
		323-73			324-73			168-71		
		cert (%)	pt (%)	Z-score	cert (%)	pt (%)	Z-score	cert (%)	pt (%)	Z-score
1	W	0,278	0,290	-1,72	0,071	0,074	-1,37			
2	Sn	2,21	2,29	-1,98	0,40	0,39	1,11	1,55	1,52	1,05
3	As				0,024	0,0232	0,98			
4	Bi				0,024	0,0254	-1,59			

Ghi chú: cert: hàm lượng mẫu chuẩn; pt: kết quả phân tích của đề tài; Z-score: điểm Z.

Bảng 5 cho thấy tất cả các giá trị Z- score dao động trong khoảng từ -1,98 đến +1,11, nằm trong giới hạn cho phép từ -2 đến +2, điều đó cho thấy áp dụng quy trình phá mẫu nêu trên để xác định hàm lượng các nguyên tố W, Sn cũng như các nguyên tố đi kèm As, Bi bằng ICP-OES cho kết quả hoàn toàn đáng tin cậy và có độ chính xác cao. Từ đó có thể thấy rằng quy trình vừa xây dựng hoàn toàn có thể áp dụng được trong thực tế phòng thí nghiệm để phân tích hàng loạt mẫu.

#### IV. KẾT LUẬN

ICP-OES là một kỹ thuật phân tích có độ nhạy và độ chọn lọc cao cho phép nghiên cứu xác định đồng thời các nguyên tố W, Sn, As, Bi trong quặng, đất đá một cách thuận lợi và thu được kết quả chính xác với độ tin cậy cao. Việc nghiên cứu chọn điều kiện tối ưu đã cho phép hạn chế ảnh hưởng của nền hay các nguyên tố đa lượng tới phép đo. Kết quả định lượng trên mẫu thực tế cho thấy có thể phân tích đồng thời các chỉ tiêu Sn, W, As, Bi chính xác, nhanh chóng, giảm chi phí phục vụ tốt cho công tác điều tra cơ bản địa chất và tìm kiếm khoáng sản. Bên cạnh đó, cũng nhận thấy phương pháp ICP-OES có những ưu điểm hơn hẳn các phương pháp trước đây thường sử dụng, mang lại những lợi ích thiết thực cho công cuộc hiện đại hóa, hội nhập quốc tế.

#### VĂN LIỆU

1. Agnes Cosnier, Nathalie Le Corre, Clia Olivero, Sebastien Velasquez, 2003. "ICP Optical Application Note 12, Jobin Yvon Horiba. Emission Spectroscopy"
2. Bartha Andras, Bertalan Eva, Nguyen Van Dinh, Nguyen Thi Hiep, Ha Due Hung, 2008. ICP-AES módszerek fejlesztése bauxit s egyéb kőzetmintk fo-s nyomelemeinek meghatározására, Bányászati.
3. Charles B. Boss, Kenneth J. Fredeen, 1997. "Concepts, Instrumentation, and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry", Perkin Elmer.
4. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 2006. Quy trình phân tích quặng, mẫu kim loại, Tập III.
5. Gyore D., Bartha A., Bertalan, Ballok M., Kiraly E., Nguyen Van Dinh, Nguyen Thi Hiep, Vu Minh Thanh, Tran Van Tuoi, 2009. Study of precious metal-bearing rocks by inductively coupled plasma spectrometric methods, CSI 36 Budapest.
6. Optima Inductively Coupled Plasma, 2000. Optical Emission Spectrometry Users training course, Perkin Elmer.

7. **Nguyễn Thị Mỹ Thiện, 2007.** Nghiên cứu phân tích mẫu địa hoá bằng quang phổ phát xạ plasma cảm ứng (ICP- OES). *Luận văn thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự nhiên TP HCM.*

8. **Nguyễn Văn Định, Dương Ái Phương, 2010.** Tổng hợp các phương pháp định lượng xác định hàm lượng các nguyên tố, đánh giá độ tin cậy và so sánh việc sử dụng các phương pháp phân tích hiện đại tại các Liên đoàn với việc sử dụng các phương pháp tương tự trên thế giới. *TC Địa chất, A/320:336-347. Hà Nội.*

9. **Trịnh Thị Quỳnh Như, 2011.** Nghiên cứu phân tích Au, Pt, Pd bằng phương pháp quang phổ phát xạ plasma cảm ứng. *Luận văn thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. HCM.*