

TCVN :2025

Xuất bản lần 1

DỰ THẢO

**ĐẤT ĐÁ QUẶNG –
XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG PLATIN, PARADI, IRIDI, OSMI –
PHƯƠNG PHÁP KHỐI PHỖ PLASMA CẢM ỨNG
(ICP – MS)**

Soils rocks ores –

*Determination of platin, paradi, iridi, osmi elements content –
Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)*

Lời nói đầu

TCVN :2025 do Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam biên soạn, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố

Đất đá quặng - Xác định hàm lượng Platin, Paradi, Iridi, Osmi

- Phương pháp khối phổ cảm ứng ICP-MS

Soils, rocks ores – Determination of platin, paradi, iridi, osmi elements content – Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP – MS)

CẢNH BÁO - Khi áp dụng tiêu chuẩn này có thể liên quan đến các vật liệu, thiết bị và các thao tác gây nguy hiểm. Tiêu chuẩn này không đưa ra được hết tất cả các vấn đề an toàn liên quan đến việc sử dụng chúng. Người sử dụng tiêu chuẩn này phải tự thiết lập các thao tác an toàn thích hợp và xác định khả năng áp dụng hoặc các giới hạn qui định trước khi sử dụng tiêu chuẩn

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp khối phổ plasma cảm ứng (ICP-MS) xác định hàm lượng Platin, Paradi, Iridi, Osmi trong mẫu đất, đá quặng phục vụ cho điều tra, thăm dò, khai thác, chế biến khoáng sản. Phạm vi đo được quy định trong Phụ lục A

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 4851 (ISO 3696), *Nước dùng để phân tích trong phòng thí nghiệm – Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử*.

TCVN 7153 (ISO 1042), *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh – Bình định mức*.

TCVN 9924:2013, *Đất, đá quặng – Quy trình gia công mẫu sử dụng cho các phương pháp phân tích hóa học, hóa lý, ronghen, nhiệt*.

3 Nguyên tắc

Mẫu được phân huỷ và làm giàu bằng cách nung chảy ở nhiệt độ cao với hỗn hợp các chất trợ nung thích hợp, sau quá trình nung chảy nhóm nguyên tố platin được tách ra khỏi các nguyên tố khác bằng bẫy niken. Các hạt niken sau nung được hòa tan bằng axit clohydric, lọc và kết tủa được chuyển và

hòa tan bằng cường thủy trong bình hòa tan kín. Mẫu đưa vào thiết bị ICP-MS vào bằng cách phun sương khí nén. Khi năng lượng truyền từ plasma vào dòng mẫu, nguyên tố cần xác định sẽ bị chuyển thành trạng thái hơi, bị nguyên tử hóa và ion hóa. Các ion được tạo ra được tách ra khỏi plasma thông qua giao diện chân không vi sai và được phân tách dựa trên tỷ số (tỷ lệ) giữa khối lượng/điện tích (m/z) của chúng bằng máy quang phổ khối. Phương pháp đồng thời kết tủa telua có thể cải thiện khả năng thu hồi và khả năng tái tạo của các kim loại quý.

4 Thuốc thử

Nồng độ của các nguyên tố có hàm lượng trong thuốc thử và nước được sử dụng đủ thấp để không làm ảnh hưởng đến các kết quả của phép xác định. Sử dụng phương pháp có độ nhạy cao như ICP-MS thì việc kiểm soát về nước và axit của mẫu trắng là rất quan trọng. Nên dùng nước siêu tinh khiết và axit có độ tinh khiết cao.

Trong quá trình phân tích, chỉ sử dụng thuốc thử loại siêu tinh khiết phân tích và nước phù hợp với TCVN 4851 (ISO 3696)

4.1 Nước khử ion 18,2 MΩ

4.2 Axit nitric HNO_3 65% ($d=1,41$)

4.3 Axit clohidric HCl 37 % ($d=1,19$)

4.4 Nước cường thủy (3 HCl : 1 HNO_3)

4.5 Sodium Borate $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ rắn 99,99%

4.6 Sodium carbonate Na_2CO_3 rắn 99,99%

4.7 Carbonyl nickel $\text{Ni}(\text{CO})_4 > 99\%$

4.8 Carbonyl iron $\text{Fe} > 97\%$

4.9 Sulfur $\text{S} > 92\%$

4.10 Silica SiO_2 99,9%

4.11 Sodium Tellurate (VI) Na_2TeO_4 bột 99,99%

4.12 Tin (II) Chloride SnCl_2 99,99%

4.13 Dung dịch chuẩn 100 $\mu\text{g/ml}$ các nguyên tố Ru, Rh, Pd, Ir, Pt và Os trong 10 % m/v HCl được sử dụng để chuẩn bị dung dịch chuẩn làm việc bằng cách pha loãng từng bước.

4.14 Dung dịch Tellurium 0,2 mg.ml^{-1} : Cân 0,2 g Na_2TeO_4 , hòa tan trực tiếp vào nước cất. Chuyển vào bình định mức 1000 mL, thêm nước cất đến vạch

4.15 Dung dịch SnCl_2 0,2 g.ml^{-1} : Cho khoảng 500 mL nước cất vào cốc thủy tinh. Thêm từ từ 200 g SnCl_2 , khuấy đều để hòa tan hoàn toàn. Để tránh thủy phân, có thể thêm vài mL HCl (1M) để ổn định dung dịch. Chuyển dung dịch vào bình định mức 1000 mL. Thêm nước cất đến vạch mức, lắc đều

4.16 Dung dịch Tuning: Để tối ưu hóa và điều chỉnh thiết bị có chứa berylli, cadmi, coban, đồng, gecmani, indi, rodi, scandi, tecbi, tali, (để đánh giá độ nhạy và độ ổn định), bari (để đánh giá tích điện kép), xeri (để đánh giá oxit), magiê (để kiểm tra hiệu chuẩn khối lượng) và chì (để kiểm tra hiệu chuẩn khối lượng), có nồng độ khối lượng 1000 mg/l . Chuẩn bị dung dịch này trong HNO_3 2%. Hỗn hợp này bao gồm tất cả các nguyên tố phổ biến được sử dụng để tối ưu hóa và điều chỉnh các thông số vận

hành khác nhau của ICP- MS. Tùy thuộc vào khuyến nghị của nhà sản xuất thiết bị, có thể sử dụng ít nguyên tố hơn trong dung dịch này.

4.17 Dung dịch nội chuẩn pha loãng

Nồng độ của dung dịch nội chuẩn pha loãng cần đủ cao để có tín hiệu đủ mạnh. Đối với dung dịch nội chuẩn Thallium (hoặc indium), dùng pipet hoặc micropipet lấy 0,25 ml dung dịch nội chuẩn TI hoặc In có nồng độ 1 mg.L⁻¹ cho vào từng bình định mức 100 ml, thêm 1 ml axit nitric (4.2), thêm nước đến vạch, dung dịch có nồng độ 10 µg.L⁻¹.

4.18 Dung dịch trắng sử dụng dung dịch trắng chứa nước và cùng một lượng axit như trong dung dịch đường chuẩn.

4.19 Hỗn hợp chất phủ: Na₂B₄O₇: Na₂CO₃ rắn (1:1)

5 Thiết bị, dụng cụ

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thiết bị, dụng cụ thông thường trong phòng thử nghiệm và các thiết bị, dụng cụ sau:

5.1 Máy đo khối phổ Plasma cảm ứng (ICP-MS) (Inductively coupled plasma mass spectrometry)

Thiết bị này bao gồm máy khối phổ, detector, nguồn ICP, bộ điều khiển lưu lượng khối để điều chỉnh lưu lượng khí ICP, bơm nhu động để đưa mẫu vào máy, và hệ thống điều khiển thiết bị và thu thập dữ liệu bằng máy vi tính. Một bộ lấy mẫu tự động x-y cũng có thể được sử dụng với phần mềm điều khiển thích hợp. Thiết bị có thể quét trong phạm vi khối lượng từ 2-250 amu. Các thông số tham khảo có thể xem tại Phụ lục B.

5.2 Cân phân tích độ nhạy 0,01 gam

5.3 Lò nung nhiệt độ tối đa 1200 °C

5.4 Bát bạch kim dung tích 150 ml

5.5 Chén nung chịu nhiệt dung tích 300 ml

5.6 Cốc thủy tinh chịu nhiệt dung tích 100 ml; 250 ml

5.7 Bình định mức phù hợp theo loại A của TCVN 7153 (ISO 1042) dung tích 50 ml; 100 ml; 250 ml

5.8 Cốc teflon dung tích 100 ml

5.9 Micropipet có dung tích 10 µl đến 100 µl, 100 µl đến 1000 µl và 1 ml đến 10 ml

5.10 Pipet 10 ml, 25 ml, 50 ml, 100 ml, 250 ml

5.11 Bếp gia nhiệt gồm bếp điện hoặc bếp cách cát

5.12 Giấy lọc định lượng chảy chậm Φ= 90 mm

5.13 Cốc thủy tinh chịu nhiệt dung tích 100 ml; 250 ml; 500 ml

5.14 Bát sứ dung tích 50 ml

5.15 Máy lọc nước siêu tinh khiết.

5.17 Tủ sấy có điều khiển nhiệt độ đến 250 °C

5.18 Phễu lọc thủy tinh xốp N°3 hoặc N°4, dung tích 50 ml.

5.19 Bình hòa tan mẫu kín: Vỏ ngoài bằng thép không gỉ, bình chứa bên trong bằng polytetrafluoroethylene, thể tích 100 ml.

5.20 Khuôn gang

5.21 Máy lọc hút chân không

Chú thích 1: Làm sạch hoàn toàn các vật chứa mẫu bằng dung dịch tẩy rửa không chứa kim loại, rửa sạch bằng nước máy, ngâm trong axit và sau đó rửa sạch bằng nước không có kim loại. Đối với vật liệu thạch anh, TFE hoặc thủy tinh, sử dụng HNO₃ (1+1), HCl (1+1) để ngâm. Đối với vật liệu nhựa, sử dụng HNO₃ (1+1) hoặc HCl (1+1). Điều kiện ngâm phù hợp là 24 h ở 70 °C. Có thể sử dụng rung siêu âm để làm sạch dụng cụ.

6 Chuẩn bị mẫu thử

Chuẩn bị và gia công mẫu thử theo TCVN 9924:2013

6.1 Kích thước hạt của mẫu phải nhỏ hơn 74 µm.

6.2 Mẫu phải được sấy khô trước ở 105°C trong 2 giờ - 4 giờ, cho vào bình hút ẩm và làm nguội đến nhiệt độ phòng

6.3 Đối với đá dễ hấp thụ nước, nên lấy mẫu khô trong không khí và đo lượng nước hấp thụ trong khi cân mẫu. Kết quả cuối cùng được tính ở trạng thái khô.

7 Cách tiến hành

7.1 Phân hủy mẫu

7.1.1 Cân khoảng 10 - 20 g mẫu (chính xác đến 0,01g) đã được sấy khô ở 105 °C trong 2 giờ vào chén nấu chảy (5.5), trộn kỹ mẫu với các hỗn hợp thuốc thử sau theo tỉ lệ: 40 g natri tetraborat (4.5); 20 g natri cacbonat (4.6); 1,0 g bột niken (4.7); 0,7 g lưu huỳnh (4.9) và 2,0 g silica (4.10). Phủ một lượng nhỏ hỗn hợp chất phủ (4.19). Hỗn hợp mẫu và chất trợ nung được nung trong lò điện ở 850 °C trong 0,5 giờ và 1050 °C trong 1 - 1,5 giờ.

7.1.2 Sau khi nung chảy, lấy chén đổ vật liệu nóng chảy vào khuôn gang (5.20), đập vỡ khối nóng chảy sau khi nguội và tách các nguyên tố nhóm platin và vàng khỏi nền khối nung chảy.

7.1.3 Đưa khối hỗn hợp rắn vừa thu được vào cối sứ, (mã não) nghiền thành bột mịn (0.074mm) và chuyển vào trong cốc thủy tinh dung tích 500 ml (5.13) hòa tan bằng 200 ml axit clohydric 12 mol/L (4.3) đun nhẹ ($T^0 < 100^0\text{c}$) trên bếp điện (5.11) cho đến tan trong (thời gian 2h). Nếu dung dịch tan trong thì chuyển sang bước tiếp theo còn nếu có cặn Si thì định mức vào bình định mức 250ml để lắng qua đêm.

7.1.4 Dùng pipet hút lấy 100 ml dung dịch trong ở phía trên vào cốc 250 ml rồi công kết với Te theo các bước sau:

Làm nguội dung dịch, thêm 1 ml dung dịch tellurium có nồng độ 2 mg.ml⁻¹ (4.14) vào dung dịch mẫu sau khi đã làm nguội và sau đó hỗn hợp này được pha loãng thành 300 ml bằng nước khử ion (4.1).

Sau đó, thêm từ từ 4 ml dung dịch SnCl_2 0,2 g.ml⁻¹ (4.15) vào dung dịch mẫu cho tới xuất hiện tủa Te nguyên tố màu đen. Khuấy đều đáy nắp kính đồng hồ, đun tiếp tới gần sôi và giữ ở nhiệt độ này trong 30 phút và để trong vài giờ. Các nguyên tố nhóm platin và vàng trong dung dịch sau đó được kết tủa đồng thời với tellurium.

7.1.5 Hòa tan nhóm nguyên tố platin

Lọc lấy kết tủa bằng máy lọc hút chân không (5.21). Rửa sạch kết tủa trên phễu lọc bằng dung dịch axit HCl (1+5) và nước. Dung dịch lọc thu được lặp lại quá trình cộng kết với Te thêm 1-2 lần (tùy thuộc vào hàm lượng dự đoán của các nguyên tố PGE có trong mẫu). Chuyển kết tủa và màng lọc vào bình hoà tan mẫu kín (5.19), thêm 1 ml đến 2,5 ml nước cường thủy (4.4), đặt vào bếp gia nhiệt hoặc tủ sấy và đun nóng ở 100 °C trong 2 giờ đến 3 giờ.

7.1.6 Sau khi làm nguội, chuyển vào định mức dung tích 10 mL ~ 25 mL, pha loãng bằng nước đến vạch, lắc đều và chuẩn bị đo.

7.2 ICP-MS

7.2.1 Yêu cầu chung

Mối tương quan giữa nồng độ nguyên tố với tốc độ đếm đo được là tuyến tính trên một số bậc biên độ. Do đó, có thể sử dụng các hàm hiệu chuẩn tuyến tính. Cần định kỳ kiểm tra dải nồng độ tuyến tính của từng nguyên tố. Thiết bị ICP-MS có khả năng tổ hợp 2 detector, có dải tuyến tính kéo dài, cần định kỳ kiểm tra hệ số hiệu chuẩn chéo của hai detector.

7.2.2 Cài đặt thiết bị ICP-MS

Trước khi bắt đầu các phép đo thông thường, cần chạy quy trình cài đặt sau: Làm ấm thiết bị ICP-MS ở phương thức chạy toàn bộ tối thiểu 20 min đến 30 min. Kiểm tra độ phân giải, hiệu chuẩn, độ nhạy và độ ổn định của hệ thống sử dụng dung dịch tối ưu hóa (4.16) thích hợp. Dùng dung dịch tối ưu hóa để chỉnh thiết bị ICP-MS hằng ngày để đạt được tín hiệu ion tối đa và tốc độ oxit thấp (ví dụ: < 2 %) cũng như tốc độ thấp của các ion tích điện kép (ví dụ: < 2 %). Nếu sử dụng buồng va chạm hoặc buồng phản ứng thì tốc độ dòng khí của buồng cần được tối ưu hóa, để đảm bảo giảm được độ nhiễu của đa nguyên tử. Nếu sử dụng máy đo phổ khối lượng có độ phân giải cao, thì phải kiểm tra việc hiệu chuẩn khối lượng và độ nhạy đối với từng độ phân giải được sử dụng. Kiểm tra thời gian nạp mẫu và thời gian rửa trôi liên quan đến chiều dài của ống. Nếu nồng độ của dung dịch thử dự kiến phụ thuộc nhiều thì thời gian nạp mẫu và thời gian rửa trôi phải được kéo dài.

7.3 Lựa chọn chọn đồng vị và các nguyên tố chuẩn nội để phân tích, xem Phụ lục B và chuẩn bị bảng phân tích mẫu.

ICP – MS chịu tác động của một số loại chất gây nhiễu, bao gồm: đồng khối, độ nhạy phổ biến, các mảnh đa nguyên tử, ion điện tích kép, các nhiễu bộ nhớ và các nhiễu vật lý gây ra.

Trong quy trình xử lý mẫu, thành phần nền mẫu khi đưa vào buồng plasma chứa các ion gây trùng khối và các mảnh đa nguyên tử gây sai số trong phép đo, vì vậy cần lựa chọn số khối phù hợp để xác định Ru, Rh, Pd, Ir, Pt, Os và Au có thể tham khảo Phụ lục A và phụ lục C.

Chú thích 2: Có thể sử dụng chất đồng vị làm chất kiểm soát chất lượng để kiểm tra tỷ lệ đồng vị.

7.4 Xây dựng đường chuẩn

Từ dung dịch có nồng độ 100 mg/l, dùng pipet và micropipet (5.9) hút dung dịch vào bình định mức 100 ml có nền axit HNO₃ 2 % để có dung dịch có nồng độ 1000 µg/l. Từ đó lần lượt hút các dung dịch vào bình định mức 50 ml (5.7) trong nền axit HNO₃ 2 % (4.1) để có các nồng độ tương ứng là 0 µg/l; 0.05 µg/l; 0,1 µg/l; 1 µg/l; 5 µg/l; 10 µg/l; 20 µg/l. Thêm chuẩn nội thallium (hoặc indium) sau định mức nồng độ 10 µg/l.

Đo dung dịch mẫu trắng (4.18) và sau đó đo dung dịch đường chuẩn.

Tính hàm hiệu chuẩn theo hướng dẫn sử dụng thiết bị. Nếu cần, cần tính đến các tỷ lệ đồng vị khác nhau giữa các dung dịch hiệu chuẩn và dung dịch thử.

Kết quả đo dung dịch hiệu chuẩn và dung dịch kiểm tra không vượt quá độ lệch tương đối <5 %.

7.3.3 Đo mẫu

Lấy lần lượt các dung dịch mẫu phân tích vào ống đo của bộ lấy mẫu tự động (AS – Auto sampler), để ống đo vào khay đo mẫu tự động như sau: mẫu trắng, mẫu chuẩn, mẫu phân tích.

Mẫu được tự động đo lần lượt mẫu trắng, mẫu chuẩn, mẫu phân tích. Mẫu chuẩn để làm mẫu đối chứng, kiểm tra độ thu hồi trong giới hạn kiểm soát. Mẫu trắng để kiểm tra nền mẫu trong quá trình phân hủy. Trong quá trình đo, đo lặp lại mẫu chuẩn và dung dịch làm việc nồng độ 10 µg/l (4) để kiểm tra độ chệch và độ tuyến tính của dung dịch đường chuẩn.

Từ đường chuẩn khi đo mẫu sẽ xác định được nồng độ chất cần phân tích (C).

8 Tính kết quả

8.1 Tính hàm lượng nguyên tố

Hàm lượng nguyên tố được tính theo công thức

$$M (\mu\text{g/g}) = \frac{(C - C_0) \times V \times F}{G \times 1000}$$

Trong đó:

C: Nồng độ nguyên tố trong dung dịch đo, (µg/l);

C₀: Nồng độ nguyên tố trong dung dịch mẫu trắng, (µg/l);

G: Khối lượng mẫu đem phân hủy, (g);

V: Thể tích định mức dung dịch phân hủy, tính bằng ml;

F: Hệ số pha loãng;

M: Hàm lượng nguyên tố cần phân tích, ($\mu\text{g/g}$).

8.2 Sai lệch phép phân tích song song

Sai lệch lớn nhất giữa hai kết quả xác định lặp không vượt quá giá trị độ lệch tương đối D trong bảng 3.

$$\bar{X} = \frac{X_{ci} + X_{cs}}{2}$$

$$D = \frac{X_{ci} - X_{cs}}{\bar{X}} \times 100$$

Trong đó:

D là độ lệch tương đối của 2 mẫu lặp, (%);

X_{ci} là kết quả phân tích mẫu cơ bản;

X_{cs} là kết quả phân tích mẫu song song;

$\bar{X}$ là giá trị trung bình của kết quả mẫu cơ bản và mẫu lặp.

Bảng 3 – Độ lệch tương đối phép phân tích song song

59	Dải hàm lượng ($\mu\text{g/g}$)	Độ lệch tương đối D % cho phép			
		Pt	Pd	Ir	Os
1	Từ 0,001 đến nhỏ hơn 0,01	25	27	23	32
1	Từ 0,01 đến nhỏ hơn 0,05	22	23	20	30
2	Từ 0,05 đến nhỏ hơn 0,10	20	22	18	27
3	Từ 0,10 đến nhỏ hơn 0,50	18	20	15	25
4	Từ 0,50 đến nhỏ hơn 1,00	15	16	13	20
5	Từ 1,00 đến nhỏ hơn 5,00	10	12	10	15

9 Báo cáo kết quả thử nghiệm

Báo cáo kết quả thử nghiệm bao gồm các thông tin sau:

- Viện dẫn tiêu chuẩn này;
- Nhận dạng mẫu thử;
- Tên và địa chỉ phòng thử nghiệm;
- Ngày tiến hành thử nghiệm;
- Kết quả thử nghiệm, kết quả được lấy giá trị sau dấu phẩy 2 chữ số;
- Mọi thao tác không quy định trong tiêu chuẩn này hoặc được coi là tùy chọn và các yếu tố có thể ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] QTPT Đất, đá quặng – Phương pháp xác định nhóm platin và vàng bằng phương pháp ICP-MS trên thiết bị Agilent 8900x ICP – MS.
- [2] GB/T 17418. 7—2010, Methods for analysis of noble metals in geochemical samples Part 7 : Determination of platinum group elements by nickel sulfide fire assay-inductively coupled plasma mass spectrometry .

Phụ lục A

Bảng A1. Đồng vị phân tích, giới hạn phát hiện của phương pháp và phạm vi đo lường

Đồng vị phân tích	Chất nội chuẩn	Giới hạn phát hiện (µg/kg)	Phạm vi đo lường (µg/kg)	Ghi chú
¹⁹⁵ Pt	²⁰⁵ Tl	0,1	0,1 ~ 10000	
¹⁰⁵ Pd	¹¹⁵ In	0,2	0,2 ~ 10000	
¹⁹³ Ir	²⁰⁵ Tl	0,1	0,1 ~ 5000	
¹⁹² Os	¹⁹⁰ Os	0,5	0,5 ~ 5000	
Giới hạn phát hiện được xác định bằng sử dụng độ lệch chuẩn của 10 lần xác định dung dịch mẫu trắng quy trình đối với 20 gam mẫu. Giới hạn phát hiện được thực hiện theo các điều kiện của thiết bị				

PHỤ LỤC B**Bảng B1 - Các thông số của thiết bị ICP-MS (tham khảo về cài đặt thiết bị)**

Thông số máy	Giá trị
Công suất cao tần (RF Power)	1550 W
Độ sâu mẫu (Smpl Depth)	8,0 mm
Phân giải khối lượng	0,8
Khí mang (Carrier Gas)	1,05 L/min
Khí tạo plasma (Plasma gas)	15 L/min
Khí phụ trợ (Auxiliary gas)	0,9 L/min
Áp suất chân không (khi đo mẫu)	$1.10^{-4} - 2.10^{-3}$ Pa
Áp suất chân không (khi để máy Standby)	$1.10^{-5} - 6.10^{-4}$ Pa
Water RF/WC/IF	48 vòng/min
Tốc độ bơm mẫu	0,1 rps
Tốc độ bơm rửa	0,5 rps
Nhiệt độ nước làm mát	22 °C
Nước làm mát	2,4 L/min
Dạng phổ	Full Quant
Điểm trên pic	3
Số lần đo lặp	3 lần

Phụ lục C

Bảng C1. Đồng vị kim loại quý và khả năng nhiễu quang phổ trên mỗi đồng vị.

Số khối	% đồng vị phân tích				Khả năng nhiễu phổ				
	Ru	Rh	Pd	Ag	Isobaric	Hydride	Oxide/ Hydroxide	Ion phân tử	Nhiều khác
96	5.54				Zr, Nb, Mo		SeO, BrOH		
98	1.87				Mo	MoH	SeO	NiAr	CuCl
99	12.76					MoH			ZnCl
100	12.6				Mo		SrO	NiAr	CuCl
101	17.06					MoH	RbO	NiAr	ZnCl
102	31.55		1.02				SrO	NiAr	CuCl, ZnCl
103		100					SrO, RbO	CuAr	ZnCl, Pb ⁺⁺
104	8.62		11.14				SrO	ZnAr	ZnCl, Pb ⁺⁺
105			22.33				YO, SrOH	CuAr	ZnCl
106			27.33		Cd		YOH, ZrO	ZnAr	
107				51.84			ZrO	ZnAr	
108			26.46		Cd		ZrO, MoO	ZnAr	
109				48.16			NbO		
110			11.72		Cd		ZrO, MoO		
	Os	Ir	Pt	Au					
184	0.02				W			NdAr	
186	1.59				W		YbO	NdAr	
187	1.96				Re	WH	YbO	SmAr	
188	13.24						YbO	SmAr, NdAr	
189	16.15						YbO	SmAr	
190	26.26		0.014				YbO	SmAr, NdAr	
191		37.3					LuO	EuAr	
192	40.78		0.782				YbO, LuO, HfO	SmAr	
193		62.7					HfO	EuAr	
194			32.97				HfO	SmAr, GdAr	
195			33.83				HfO	GdAr	
196			25.24		Hg		HfO	GdAr	
197				100			TaO, HfOH	GdAr	

