



**TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC**

# **KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

**Hà Nội, 11 - 11 - 2022**

**ERSD 2022**



**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI**

## **ĐƠN VỊ TỔ CHỨC**

**Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)**

## **CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC**

**Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam**  
**Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam**  
**Tổng hội Địa chất Việt Nam**  
**Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam**  
**Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu**  
**Hội Cơ học Đá Việt Nam**  
**Hội Công trình ngầm Việt Nam**  
**Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam**  
**Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam**  
**Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam**  
**Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam**  
**Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam**  
**Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam**  
**Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam**  
**Viện Địa chất và Địa vật lý biển**  
**Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ**  
**Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai**  
**Trường Đại học Thủ Dầu Một**

## **BAN TỔ CHỨC**

### **Trưởng ban**

GS.TS Trần Thanh Hải, *Trường Đại học Mở Địa - chất*

### **Phó Trưởng ban**

GS.TS. NGŨT Bùi Xuân Nam, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Triệu Hùng Trường, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Ủy viên**

GS.TS. NGŨT Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*

GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Công Giang, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*

PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Phùng Mạnh Đắc, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

PGS.TS. NGŨT Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*

PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS. NGŨT Nguyễn Phương, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS. NGND Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Đỗ Huy Cường, *Viện Địa chất và Địa vật lý biển*

TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Ngô Hồng Điệp, *Trường Đại học Thủ Dầu Một*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*  
TS Nguyễn Đắc Đồng, *Tổng hội Địa chất Việt Nam*  
TS Lê Quốc Hùng, *Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam*  
TS Lê Đại Ngọc, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*  
TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*  
TS Lê Văn Quyền, *Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam*  
TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS Đặng Kim Triết, *Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai*

## **BAN KHOA HỌC**

### **Trưởng ban**

GS.TS. NGUYỄN Bùi Xuân Nam, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

### **Phó trưởng ban**

PGS.TS. ĐỖ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

### **Ủy viên**

GS.TSKH. NGUYỄN Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
GS.TS. NGUYỄN Võ Trọng Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
GS.TS. NGUYỄN Trương Xuân Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
GS.TS. ĐỖ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*  
PGS.TS. ĐỖ Văn Bình, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*  
PGS.TS. Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Lê Văn Hưng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Hoàng Văn Long, *Viện Dầu khí Việt Nam*  
PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. NGUYỄN Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*  
PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. ĐỖ Huy Cường, *Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và công nghệ Việt Nam*  
TS. Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*  
TS. Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

## **BAN BIÊN TẬP**

### **Trưởng ban**

TS. Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

### **Phó Trưởng ban**

TS. Nguyễn Viết Nghĩa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

### **Ủy viên**

PGS.TS. Tống Thị Thanh Hương, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PGS.TS. ĐỖ Như Ý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

## **BAN THƯ KÝ**

### **Trưởng ban**

PGS.TS. ĐỖ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

### **Phó Trưởng ban**

TS. Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

### **Ủy viên**

PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Lê Quang Duyên, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
TS. Trần Thị Hải Vân, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
ThS. Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
ThS. Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
ThS. Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

## Phương pháp định tuổi đồng vị U-Pb trong khoáng vật allanite để nghiên cứu địa chất các mỏ khoáng. Áp dụng xác định tuổi thành tạo quặng đất hiếm đi cùng quặng sắt, đồng mỏ Sin Quyền, Lào Cai

Ngô Xuân Đắc<sup>1,\*</sup>, Khương Thế Hùng<sup>1</sup>, Lê Thị Thu<sup>1</sup>, Hoàng Thị Thoa<sup>1</sup>, Bùi Thị Thu Hiền<sup>1</sup>,  
Phạm Thị Thanh Hiền<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất

---

### TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, nền khoa học địa chất không ngừng phát triển, trong đó việc nghiên cứu và xác định tuổi tạo quặng là vấn đề đã và đang được các nhà địa chất rất quan tâm bởi những giá trị mang tính lý luận khoa học và thực tiễn được ứng dụng trong nghiên cứu mỏ khoáng. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp định tuổi cho quặng hóa đã được phát triển và ứng dụng, mỗi một phương pháp có những ưu điểm khác nhau và được áp dụng hiệu quả cho những loại hình mỏ khoáng nhất định. Trong đó, một trong các phương pháp mới để xác định trực tiếp tuổi thành tạo quặng đất hiếm đó là phương pháp U-Pb cho khoáng vật allanite được thành tạo trong quá trình nhiệt dịch. Ngoài ra, đối với những mỏ được thành tạo đa kỳ áp dụng phương pháp định tuổi này có thể xác định được tuổi thành tạo của từng thời kỳ tạo quặng dựa trên mối quan hệ cộng sinh của chúng. Ở Việt Nam, phương pháp này lần đầu tiên được tác giả áp dụng để định tuổi thành tạo quặng đất hiếm của mỏ Sin Quyền. Kết quả nghiên cứu đã xác định quặng đất hiếm được thành tạo trong hai thời kỳ tương ứng với 2 khoáng tuổi là ~880Ma và ~840 Ma qua đó làm sáng tỏ được quá trình thành tạo quặng Fe-Cu của khu mỏ Sin Quyền.

*Từ khóa:* Mỏ Sin Quyền, Tuổi U-Pb allanite

---

### 1. Phương pháp định tuổi đồng vị U-Pb trong allanite

Hiện nay, khoáng vật phụ allanite  $[(Ca, REE, Th)_2(Fe^{2+}, Al)_3Si_3O_{12}(OH)]$  là một trong những đối tượng được sử dụng để xác định niên đại địa chất vì khoáng vật này đóng một vai trò quan trọng trong việc lưu trữ và cung cấp những thông tin nghiên cứu hữu dụng về mặt địa hóa liên quan đến sự di chuyển của các nguyên tố vi lượng bao gồm các nguyên tố đất hiếm (REE), stronti và thori. Những phương pháp xác định niên đại địa chất bằng phương pháp U-Th-Pb của quá trình biến chất hầu hết thường áp dụng đối với khoáng vật phụ zircon và monazite. Tuy nhiên, không phải trường hợp nào cũng có thể dùng 2 khoáng vật này để xác định tuổi địa chất được, trong mỗi trường hợp cụ thể thì mỗi khoáng vật nhất định lại có những ưu điểm riêng mà khoáng vật khác không có (Smith và Barreiro, 1990; Broska và Siman, 1998). Một số khoáng vật kết tinh ở điều kiện nhiệt độ và áp suất tương đối cao bởi vậy không thể xác định được giai đoạn xảy ra quá trình biến đổi nhiệt dịch ở nhiệt độ thấp ( $< 700^\circ C$ ). Do vậy, tùy vào những điều kiện cụ thể có thể áp dụng những phương pháp xác định tuổi niên đại địa chất cho phù hợp. Allanite có thể kết tinh trong điều kiện nhiệt độ và áp suất thấp hơn zircon và monazit vì vậy allanite rất thích hợp để xác định tuổi địa chất liên quan đến quá trình biến đổi nhiệt dịch ở giai đoạn nhiệt độ và áp suất trung bình. Đây cũng là giai đoạn chính của các quá trình biến đổi nhiệt dịch liên quan đến sự thành tạo quặng hóa. Chính bởi vậy, ngày càng nhiều những công trình khoa học liên quan đến việc áp dụng allanite trong xác định tuổi thành tạo quặng hóa đặc biệt đối với những mỏ có nguồn gốc IOCG và mỏ đất hiếm (Deng và nnk, 2014, Chen và nnk, 2014, Ngo và nnk 2020). Ngoài ra, allanite thường có kích thước lớn hơn nhiều so với zircon và monazit, và trong quá trình biến đổi nhiệt dịch trải qua nhiều giai đoạn, allanite vẫn bảo tồn được cấu trúc phân đới bên trong khoáng vật. Nghiên cứu cấu trúc phân đới bằng các phương pháp hiển vi điện tử quét SEM, CL có thể phân chia được rất rõ các giai đoạn tạo quặng liên quan đến các quá trình biến đổi nhiệt dịch tương ứng. Dựa vào sự biến đổi hàm lượng các nguyên tố vết, nguyên tố đất hiếm được ghi nhận trên các phân đới của mỗi khoáng vật allanite cũng có thể phân chia được các giai

\* Tác giả liên hệ

Email: ngoxuandac@humg.edu.vn

đoạn tạo quặng hóa khác nhau, điều này rất có ý nghĩa trong nghiên cứu mô hình nguồn gốc mỏ khoáng (Rubatto, 2002; Rubatto và Hermann, 2003).

Trước kia việc áp dụng định tuổi cho allanite thường ít được sử dụng bởi vì trong cấu trúc khoáng vật allanite có chứa hàm lượng Pb ban đầu. Ngoài ra còn gặp vấn đề khó khăn trong việc chọn mẫu chuẩn để hiệu chỉnh tính toán tuổi tuyệt đối nên phần lớn phải dùng phương pháp TIM hòa tan dung dịch (von Blanckenburg, 1992; Barth và nnk., 1994; Oberli và nnk., 2004). Tuy nhiên allanite rất phức tạp về mặt cấu trúc và đặc biệt trong quá trình biến đổi nhiệt dịch thường xảy ra nhiều giai đoạn tạo khoáng chồng lấn lên nhau trong cùng một khoáng vật. Bởi vậy trong cùng một hạt khoáng vật kết quả phân tích tuổi sẽ bị ảnh hưởng và đôi khi là giá trị trung bình tuổi của các giai đoạn khác nhau. Do vậy, để xác định tuổi chính xác nhất đồng thời xác định được tuổi thành tạo của từng giai đoạn tạo quặng phương pháp tốt nhất là xác định tuổi tại vị trí theo từng điểm bắn. Từ đó phương pháp xác định tuổi bằng phương pháp SHIRM và LA-ICPMS ra đời nhằm khắc phục nhược điểm của phương pháp trên. Trong bài báo này nhóm nghiên cứu sẽ giới thiệu phương pháp xác định tuổi U-Pb cho khoáng vật allanite sử dụng hệ thống máy phân tích LA-ICPMS để phân chia các giai đoạn tạo khoáng của mỏ đồng Sin Quyền, tỉnh Lào Cai.

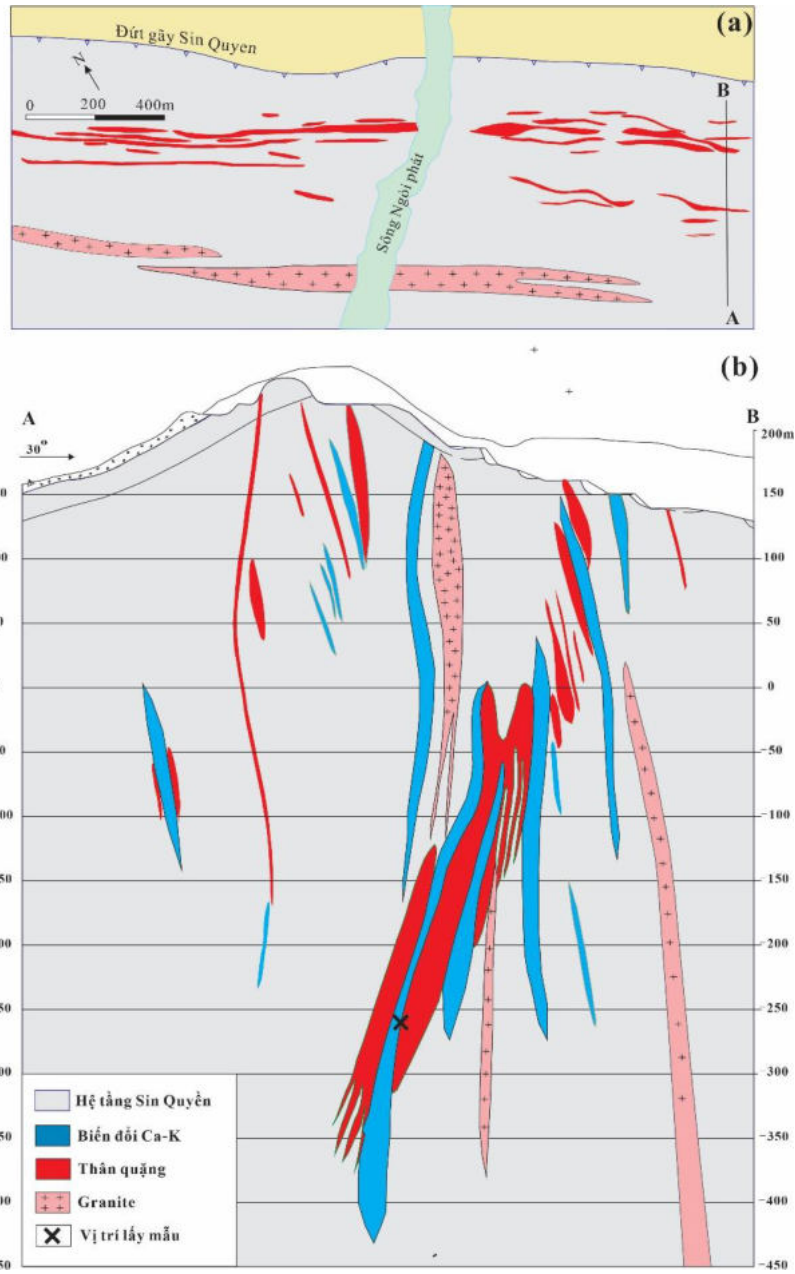
## 2. Áp dụng xác định tuổi thành tạo quặng đất hiếm đi cùng quặng đồng mỏ Sin Quyền, Lào Cai

### 2.1. Khái quát về đặc điểm địa chất mỏ đồng Sin Quyền

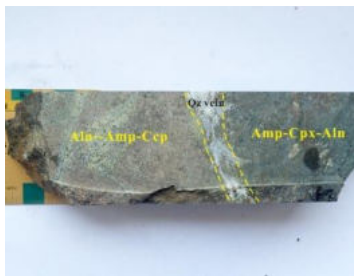
Đới sinh khoáng Sin Quyền-Lũng Pô nằm về phía Đông Bắc đai tạo khoáng Ailao Shan-Sông Hồng bao gồm hơn 10 mỏ đồng lớn nhỏ khác nhau, tạo thành đới sinh khoáng Cu-Au-Fe lớn nhất Việt Nam. Trong đó, mỏ Sin Quyền có trữ lượng lớn nhất vào khoảng 52 triệu tấn kim loại với hàm lượng Fe (14%), Cu (0,91%), LREE (0,14%) và vàng 0,44g/tấn (Tạ Việt Dũng, 1975). Gần đây, các công trình khoan sâu xuống khoảng 550m cho thấy vẫn tồn tại quặng đồng và trữ lượng mỏ được tính lại lên tới trên 90 triệu tấn với hàm lượng quặng đồng đạt 0,15% (Phạm Quốc Duy, 2015). Mỏ đồng Sin Quyền bắt đầu khai thác lộ thiên từ những năm 2006 với sản lượng trung bình hàng năm khoảng 30.000 tấn quặng Cu. Mỏ Sin Quyền bao gồm 17 thân quặng dạng thấu kính, dạng mạch và được kéo dài theo hướng Đông-Tây, dốc dần về phía Bắc hoặc Nam. Các thân quặng có chiều dài dao động từ 50-600m, rộng 5-50m nằm trong đá phiến mica và đá hoa của hệ tầng Sin Quyền (hình 1). Trong khu mỏ xuất hiện một vài thể magma felsic chủ yếu là monzogranite, granodiorite, và granite. Kết quả phân tích tuổi các thể magma này dao động trong khoảng  $736 \pm 8$  Ma và  $758 \pm 6$  Ma (Li và nnk., 2017a). Ngoài ra, khu mỏ có các đai mafic nhưng chưa rõ tuổi, đồng thời các thể mafic này bị biến đổi chlorite, actinolite, epidote, sericite. Những nghiên cứu trước chỉ ra rằng mỏ đồng Sin Quyền trải qua một thời kỳ tạo khoáng được chia ra làm 3 giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên là quá trình biến đổi natri hóa trước tạo quặng, tiếp đến là giai đoạn biến đổi Ca-K hóa đi cùng với nó là quá trình tạo quặng sắt và đất hiếm. Giai đoạn thứ 3 là quá trình biến đổi K hóa sản sinh ra tổ hợp khoáng vật quặng chủ yếu là Cu, Au (Li và nnk., 2017b). Nghiên cứu mới nhất chỉ ra rằng mỏ Sin Quyền trải qua hai thời kỳ tạo quặng (Ngo và nnk 2020). Thời kỳ thứ nhất tạo quặng đất hiếm liên quan quá trình Skarn-Ca, trong thời kỳ này cũng được chia ra làm 3 giai đoạn. Giai đoạn trước tạo quặng được đặc trưng bởi biến đổi natri hóa và sau đó là quá trình biến đổi Ca hóa chồng lên quá trình biến đổi Na hóa tạo lên tổ hợp cộng sinh khoáng vật amphibole, allanite, và titanite với một lượng ít hơn là biotite và epidote. Đây là giai đoạn tạo quặng đất hiếm quan trọng trong khu mỏ Sin Quyền. Thời kỳ thứ 2 là giai đoạn tạo quặng sắt, đồng khu mỏ Sin Quyền. Trong thời kỳ này cũng được chia làm 3 giai đoạn biến đổi nhiệt dịch, giai đoạn đầu là quá trình biến đổi Na hóa trước tạo quặng và giai đoạn 2 là quá trình biến đổi Ca-Fe hóa tạo tổ hợp khoáng vật chủ yếu là amphibole, titanite, magnetite, and chalcopyrite đây là giai đoạn liên quan đến quá trình tạo quặng sắt là chủ yếu và giai đoạn 3 quá trình K-Fe hóa đặc trưng bởi sự chiếm ưu thế hình thành biotit và đây là giai đoạn chủ yếu liên quan đến quá trình tạo quặng đồng khu mỏ Sin Quyền.

### 2.2. Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu

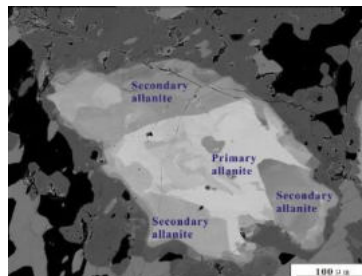
Mẫu được chọn trong các lõi khoan để đảm bảo mẫu vẫn còn tươi chưa bị ảnh hưởng của quá trình biến đổi phong hóa, mẫu được lấy trong đới biến đổi canxi hóa thành tạo quặng đất hiếm (ảnh 1). Sau đó mẫu được gia công mài thành lát mỏng có độ dày dày hơn mẫu soi thạch học đồng thời được cố định bằng nhựa epoxy và đem đánh bóng và phủ carbon. Trước khi tiến hành định tuổi khoáng vật allanite bằng phương pháp U-Pb trên hệ thống máy phân tích LA-ICPMS, mẫu phải được nghiên cứu dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) để xem cấu trúc khoáng vật allanite và chọn điểm bắn phân tích tuổi phù hợp. Điểm bắn xác định tuổi yêu cầu phải đảm bảo vị trí điểm bắn ko bị nứt nẻ, không có bao thể tránh ảnh hưởng đến kết quả. Ngoài ra, khoáng vật allanite quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét thấy rất rõ sự phân đới theo từng giai đoạn tạo quặng, do vậy điểm bắn xác định tuổi cũng phải lựa chọn trên những đới khác nhau để cho những kết quả tuổi khác nhau trên mỗi đới.



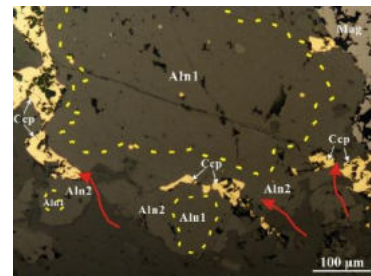
Hình 1. (a) Sơ đồ địa chất mô đồng Sin Quyên, (b) mặt cắt địa chất theo sơ đồ địa chất (a) (Theo Ngô Xuân Đắc và nnk 2020)



Ảnh 1. Mẫu quặng chứa đất hiếm thành tạo trong thời kỳ đầu của quá trình tạo quặng



Ảnh 2. Ảnh SEM thể hiện cấu trúc phân đới rõ rệt của khoáng vật allanite



Ảnh 3. Giai đoạn 1 tạo quặng đất hiếm bị giai đoạn 2 tạo quặng Fe-Cu thay thế ở vùng biến đổi

### 2.3. Phương pháp phân tích

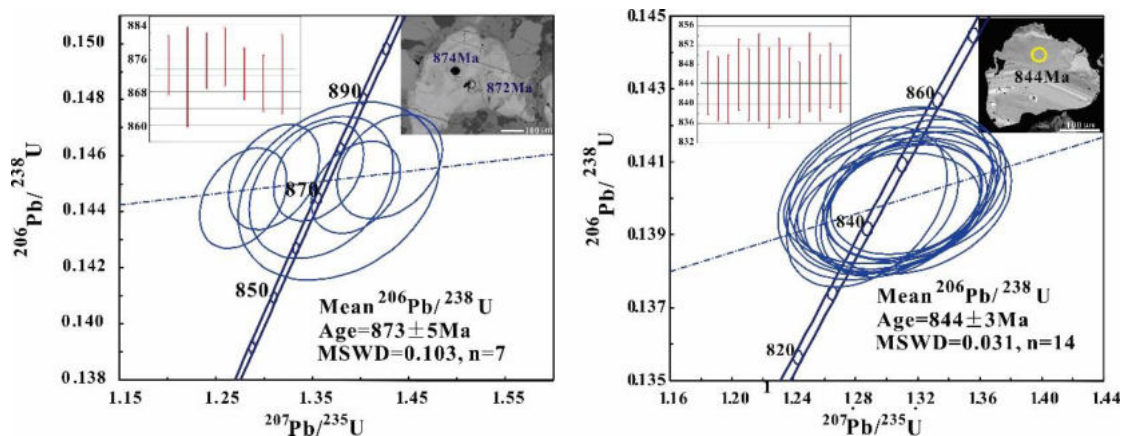
Các nguyên tố vết và đồng vị U-Pb của allanite được phân tích đồng thời bằng thiết bị Agilent 7700x ICP-MS, được trang bị hệ thống laser GeoLas 2005 với DUV 193 nm ArF-excimer laser (MicroLas, Đức) tại phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia thuộc trường Đại học Địa chất Trung Quốc. Tỷ lệ bào mòn và kích thước điểm bắn cho phân tích tuổi khoáng vật allanite được đặt là  $6\text{J}/\text{cm}^2$ , 5Hz và  $32\mu\text{m}$ . Argon và heli được sử dụng làm khí dẫn qua đầu nối T trước khi vào ICP. Nitơ cũng được thêm vào trong dòng khí (Ar + He) của plasma Ar để giảm giới hạn phát hiện cải thiện độ chính xác, do đó tăng độ nhạy và sau đó được đưa vào thiết bị ICP-MS (Hu và nnk, 2008). Mỗi điểm phân tích bao gồm 20-30 giây thu thập tín hiệu nền, sau đó là 50 giây thu thập dữ liệu mẫu. Trong nghiên cứu này, mẫu chuẩn zircon 91.500 được sử dụng để hiệu chuẩn phân biệt định lượng của quá trình phân đoạn đồng vị  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  để phân tích allanite. Mẫu allanite được lấy từ mỏ Mina Monchi Fe-U-REE, Burguillos Del Cerro, SW Tây Ban Nha ( $338 \pm 1,5$  Ma; Casquet và nnk, 2001) được sử dụng như một mẫu chuẩn bên ngoài để hiệu chỉnh đồng vị U/Pb phân đoạn. Các nguyên tố vết đã được hiệu chuẩn theo mẫu chuẩn NIST SRM610, kết hợp với hiệu chuẩn hóa nội bộ (Si). Lựa chọn ngoại tuyến và tích hợp các tín hiệu nền và phân tích, hiệu chỉnh thời gian và hiệu chuẩn định lượng để phân tích nguyên tố vết và xác định niên đại U-Pb được thực hiện bằng phần mềm nội bộ ICPMS DataCal (Liu và nnk., 2010). Bê đồ Concordia và giá trị trung bình có trọng số tính toán được thực hiện bằng Isoplot/Ex\_ver3 (Ludwig, 2003).

### 2.4. Kết quả phân tích

Tất cả các điểm phân tích tại hai vùng phân đới của khoáng vật allanite đều cho 2 khoảng tuổi phân biệt rõ rệt được thể hiện trong bảng 1. Trong đó có 7 điểm phân tích LA-ICPMS cho thời kỳ đầu thành tạo allanite cho giá trị tuổi trung bình  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  là  $873 \pm 5$  Ma ( $2\sigma$ , MSWD = 0,103; Hình 2). Trong khi đó 14 điểm phân tích LA-ICPMS đối với vùng allanite bị biến đổi ở thời kỳ sau của quá trình tạo quặng Fe-Cu có giá trị tuổi trung bình  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  là  $844 \pm 3$  Ma ( $2\sigma$ , MSWD = 0,031; Hình 2). Cả hai khoảng tuổi đó đại diện cho 2 thời kỳ tạo quặng trong khu mỏ Sin Quyền. Thời kỳ đầu đại diện cho quá trình thành tạo quặng đất hiếm mỏ Sin Quyền bằng phương pháp định tuổi trực tiếp cho quặng chứa đất hiếm là khoáng vật allanite. Thời kỳ sau đại diện cho quá trình thành tạo quặng sắt và quặng đồng của mỏ Sin Quyền.

Bảng 1. Kết quả phân tích tuổi LA-ICPMS phương pháp U-Pb cho quặng allanite

Điểm bắn	Pb ppm	Th ppm	U ppm	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		Concordance
				Tỷ số đồng vị	$2\sigma$	Tuổi (Ma)	$2\sigma$	
01S	6.5	48.8	229	0.1412	0.0011	851.3	6.3	97%
02S	19.2	37.0	229	0.1416	0.0011	854.0	6.4	97%
03S	6.5	60.9	126	0.1401	0.0012	845.2	6.9	96%
04P	0.0	62.6	207	0.1425	0.0011	871.8	6.2	98%
05S	0.0	71.9	195	0.1407	0.0011	848.7	6.3	99%
06S	13.1	76.6	110	0.1416	0.0013	853.6	7.6	99%
07P	32.8	76.6	163	0.1457	0.0013	878.7	7.3	99%
08S	40.9	57.3	183	0.1409	0.0012	850.0	6.6	97%
09S	29.3	65.3	176	0.1390	0.0013	839.2	7.1	96%
10S	23.6	67.9	236	0.1390	0.0013	838.8	7.1	99%
11P	0.0	59.1	98	0.1429	0.0014	875.1	8.2	99%
12P	112.2	44.3	226	0.1427	0.0031	872.1	17.4	99%
13S	17.5	47.6	194	0.1390	0.0011	839.2	6.3	99%
14S	43.6	74.4	155	0.1402	0.0011	845.5	6.2	98%
15P	25.0	82.2	139	0.1427	0.0013	870.6	7.4	99%
16P	3.3	60.5	148	0.1439	0.0012	875.8	7.1	98%
17S	45.2	106.8	274	0.1389	0.0011	838.3	6.4	99%
18S	27.9	81.7	204	0.1385	0.0010	836.3	5.8	99%
19S	12.4	63.4	221	0.1388	0.0011	838.1	6.1	98%
20S	6.5	48.8	229	0.1412	0.0011	851.3	6.3	97%
21P	19.2	37.0	229	0.1416	0.0011	870.0	6.4	97%



Hình 2. Biểu đồ Concordia Kết quả phân tích tuổi allanite cho hai giai đoạn tạo quặng đất hiếm

## 2.5. Luận giải kết quả phân tích tuổi khoáng vật allanite

Kết quả phân tích tuổi trên cùng một khoáng vật allanite đã chứng minh được rằng mỏ đồng Sin Quyền trải qua hai thời kỳ tạo quặng. Thời kỳ tạo quặng đầu tiên chủ yếu thành tạo quặng đất hiếm có tuổi vào khoảng 873Ma. Trong khi đó, thời kỳ tạo quặng thứ hai thành tạo quặng Fe-Cu có tuổi vào khoảng 844Ma. Như đã phân tích ở trên allanite có ưu điểm là khoáng vật có kích thước hạt tương đối lớn nên rất lý tưởng để phân tích tuổi theo từng đới trên cùng một khoáng vật. Ngày nay với công nghệ khoa học phát triển đã cho phép xác định tuổi theo từng điểm bắn với kích thước rất nhỏ khoảng 32 $\mu$ m. Khoáng vật allanite được thành tạo trong thời kỳ đầu của quá trình nhiệt dịch có kích thước lên tới 2mm, phân tích dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) quan sát rõ cấu trúc phân đới của khoáng vật allanite (ảnh 2). Cấu trúc phân đới này được hình thành do quá trình biến đổi nhiệt dịch ở giai đoạn sau tạo thành. Do vậy, nếu xác định được tuổi thành tạo của từng đới trên khoáng vật allanite ta có thể xác định được tuổi thành tạo của từng giai đoạn biến đổi nhiệt dịch liên quan đến quá trình tạo khoáng. Để chứng minh cho quan điểm này tác giả đã thực hiện bắn 7 điểm phân tích tuổi thuộc vùng trung tâm của hạt allanite để xác định tuổi thành tạo của thời kỳ đầu tạo quặng, đồng thời bắn 14 điểm phân tích tuổi thuộc vùng ven rìa thuộc đới biến đổi nhiệt dịch thời kỳ sau tạo quặng đất hiếm. Kết quả phân tích đã phân ra hai khoảng tuổi rất rõ, tất cả những điểm bắn ở vị trí phần trung tâm của khoáng vật allanite đều có tuổi dao động trong khoảng 873Ma đại diện cho giai đoạn thành tạo quặng đất hiếm trong mỏ Sin Quyền. Vùng biến đổi ven rìa có tuổi dao động trong khoảng 844Ma đại diện cho giai đoạn thành tạo quặng Fe-Cu trong mỏ Sin Quyền (hình 2, ảnh 3).

## 2.6 Kết luận

Bài báo giới thiệu tổng quan về phương pháp xác định tuổi thành tạo quặng đối với mỏ nguồn gốc nhiệt dịch đặc biệt là những mỏ có nguồn gốc tạo khoáng đa kỳ bằng phương pháp định tuổi trực tiếp U-Pb trên khoáng vật allanite. Kết quả phân tích tuổi kết hợp quan sát ngoài thực địa, phân tích khoáng tương lát mỏng và hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy quặng đất hiếm được thành tạo trong hai thời kỳ. Thời kỳ đầu tạo quặng đất hiếm có tuổi khoảng 873Ma; quặng Fe-Cu được thành tạo trong thời kỳ sau có tuổi khoảng 844Ma. Kết quả tuổi phân tích thành tạo quặng đất hiếm 873Ma hoàn toàn phù hợp với bối cảnh kiến tạo chung của khu vực xảy ra trong giai đoạn Neoproterozoi dọc đới trượt Ailao Shan-Sông Hồng. Ngoài ra, kết quả phân tích tuổi cho quặng Fe-Cu có tuổi 844 Ma hoàn toàn trùng với kết quả nghiên cứu của Li và nnk (2018), điều này minh chứng cho tính đúng đắn của phương pháp định tuổi khoáng vật allanite.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ từ kinh phí đề tài cấp bộ mã số: B2022-MDA-15.

## Tài liệu tham khảo

- Barth, S., Oberli, F., Meier, M., 1994. Th-Pb versus U-Pb isotope systematics in allanite from co-genetic rhyolite and granodiorite: implications for geochronology. *Earth and Planetary Science Letters* 124, 149–159.
- Broska, I., Siman, P., 1998. The breakdown of monazite in the West Carpathian Veporic orthogneiss and Tatric granites. *Geologica Carpathica* 49, 161–167.



- Casquet, C., Galindo, C., Tornos, F., Velasco, F., Canales, A., 2001. The Aguablanca Cu–Ni ore deposit (Extremadura, Spain), a case of synorogenic orthomagmatic mineralization: age and isotope composition of magmas (Sr, Nd) and ore (S). *Ore Geol. Rev.* 18 (3), 237–250.
- Chen, W.T., Zhou, M.F., 2014. Ages and compositions of primary and secondary allanite from the Lala Fe–Cu deposit, SW China: implications for multiple episodes of hydrothermal events. *Contrib. Miner. Petrol.* 168 (2).
- Deng, X.D., Li, J.W., Wen, G., 2014. Dating iron skarn mineralization using hydrothermal allanite-(La) U–Th–Pb isotopes by laser ablation ICP-MS. *Chem. Geol.* 382, 95–110.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1986. Disilicates and Ringsilicates, *Rock-Forming Minerals*. Longman, Harlow.
- Dollase, W.A., 1971. Refinement of the crystal structure of epidote, allanite and hancockite. *American Mineralogist* 56, 447–464.
- Hu, Z.C., Gao, S., Liu, Y.S., Hu, S.H., Chen, H.H., Yuan, H.L., 2008. Signal enhancement in laser ablation ICP-MS by addition of nitrogen in the central channel gas. *J. Anal. At. Spectrom.* 23 (8), 1093.
- Oberli, F., Meier, M., Berger, A., Rosenberg, C.L., Giere, R., 2004. U–Th–Pb and <sup>230</sup>Th/<sup>238</sup>U disequilibrium isotope systematics: precise accessory mineral chronology and melt evolution tracing in the Alpine Bergell intrusion. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68 (11), 2543–2560.
- Li, X.C., Zhao, J.H., Zhou, M.F., Gao, J.F., Sun, W.H., Tran, M.D., 2017a. Neoproterozoic granitoids from the Phan Si Pan belt, Northwest Vietnam: Implication for the tectonic linkage between Northwest Vietnam and the Yangtze Block. *Precamb. Res.* 309, 212–230.
- Li, X.C., Zhou, M.F., Chen, W.T., Zhao, X.F., Tran, M.D., 2017b. Uranium-lead dating of hydrothermal zircon and monazite from the Sin Quyen Fe-Cu-REE-Au(U) deposit, northwestern Vietnam. *Miner. Deposita* 53 (3), 399–416.
- Liu, Y.S., Gao, S., Hu, Z.C., Gao, C.G., Zong, K.Q., Wang, D.B., 2010. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the trans-North China Orogen: U–Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths. *J. Petrol.* 51 (1–2), 537–571.
- Ludwig, K.R., 2003. Isoplot 3.0: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronol. *Center Special Publ.* 4, 1–75.
- Ma Kim Trung, 2011. Báo cáo thăm dò bổ sung quặng đồng và khoáng sản đi kèm vùng Vi Kẽm, xã Cốc Mỹ, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất*.
- Pham, Q.D., 2015. Báo cáo thăm dò bổ sung nâng cấp trữ lượng hai thân quặng 3 và 7 khu Đông
- Rubatto, D., 2002. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology* 184, 123–138.
- Rubatto, D., Hermann, J., 2003. Zircon formation during fluid circulation in eclogites (Monviso, Western Alps): implications for Zr and Hf budget in subduction zones. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67, 2173–2187.
- Tạ Việt Dũng, 1975. Báo cáo địa chất về kết quả thăm dò tỷ mi Khoáng sản đồng Sin Quyền, Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất*.
- Von Blanckenburg, F., 1992. Combined high-precision chronometry and geochemical tracing using accessory minerals: applied to the Central Alpine Bergell intrusion (central Europe). *Chemical Geology* 100, 19–40.
- Wing, B.A., Ferry, J.M., Harrison, T.M., 2003. Prograde destruction and formation of monazite and allanite during contact and regional metamorphism of pelites: petrology and geochronology. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 145, 228–250.

## ABSTRACT

### In situ U - Pb isotopic dating method on allanite. Application to determine for REE-Fe-Cu mineralization age of the Sin Quyen deposit, Lao Cai province

Ngo Xuan Dac<sup>1,\*</sup>, Khuong The Hung<sup>1</sup>, Le Thi Thu<sup>1</sup>, Hoang Thi Thoa<sup>1</sup>, Bui Thi Thu Hien<sup>1</sup>,  
Pham Thi Thanh Hien<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hanoi University of Mining and Geology

In recent years, geologists have paid much attention to the study and determination of the ore-forming age, and many dating methods for ore mineralization have been developed. Those methods are usually applied in certain types of mineral deposits according to the metallogenic characteristics and the advantages of dating method. Currently, the U–Pb age of allanite minerals formed in the hydrothermal process is chosen to directly determine the age of rare-earth ore formation. Particularly for mines with multi-period formation, dating of allanite minerals considering the relationships of mineral paragenesis

can determine the formation age of each ore-forming period. In Vietnam, the authors first applied this method to constrain the formation age of rare earth ores in the Sin Quyen mine. New allanite U-Pb dating results provide precise constraints on the timing and evolution of REE and Fe-Cu mineralization at ~880 Ma and ~840 Ma, respectively.

*Keywords:* Sin Quyen deposit, U-Pb allanite dating