

# TUỔI ĐỒNG VỊ U-Pb ZIRCON VÀ THÀNH PHẦN ĐỒNG VỊ Hf TRONG GRANIT HAI MICA KHỐI SẦM SƠN, TỈNH THANH HÓA

PHẠM TRUNG HIỆU<sup>1</sup>, LA MAI SƠN<sup>2</sup>

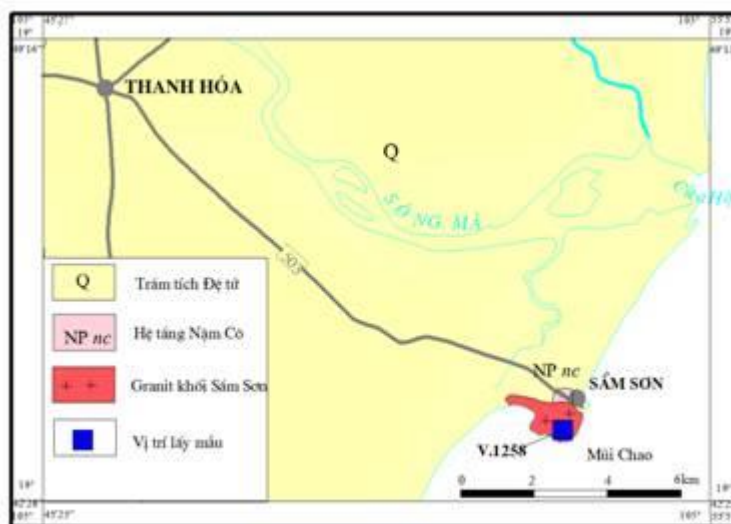
<sup>1</sup>Đại học Khoa học Tự nhiên TP. Hồ Chí Minh, Nguyễn Văn Cừ, Q.5, TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Bắc, Nguyễn Văn Cừ, Long Biên, Hà Nội

**Tóm tắt:** Tuổi kết tinh của granit hai mica khối Sầm Sơn được xác định bằng đồng vị U-Pb zircon trên máy LA-ICP-MS. Hầu hết các kết quả phân tích tuổi  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  dao động trong khoảng 225-235 Tr.n, trung bình  $227 \pm 4$  Tr.n. Kết quả tuổi này chỉ ra sự tồn tại sự kiện nhiệt kiến tạo Indosini trong vùng nghiên cứu. Các giá trị tuổi cổ hơn tập trung trong hai khoảng 400 Tr.n và 750 Tr.n cũng có mặt trong mẫu phân tích, chứng tỏ vỏ lục địa vùng nghiên cứu có cả thành phần vật chất tuổi Paleozoi giữa và Neoproterozoi.  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$  có giá trị âm và biến thiên chủ yếu trong khoảng  $-9 \div -11$ , tuổi mô hình ( $T_{\text{dm}2}$ ) khá cổ tập trung chủ yếu quanh 1,9 tỷ năm, điều đó cho thấy đá granit khối Sầm Sơn được thành tạo do sự nóng chảy vỏ lục địa tuổi Paleoproterozoi.

## I. MỞ ĐẦU

Các thành tạo granit hai mica khối Sầm Sơn, về vị trí địa lý nằm tại khu nghỉ mát Sầm Sơn thuộc tỉnh Thanh Hóa, khối có diện tích phân bố khoảng 2 km<sup>2</sup>, bao quanh khối là các trầm tích hiện đại và đá phiến mica hệ tầng Nậm Cồ (NP nc) (Hình 1). Khối được cấu thành chủ yếu gồm các thành tạo granit hai mica hạt lớn đến vừa, chúng bị các đá granit hai mica hạt nhỏ xuyên cắt, các granit hai mica hạt nhỏ này lại bị các mạch aplit, pegmatit xuyên cắt [3]. Các giá trị tuổi đồng vị đầu tiên được xác định khoảng 300 Tr.n [3]. Kết quả phân tích này không trình bày cụ thể phương pháp phân tích và kết quả phân tích một cách chi tiết, do vậy vấn đề tuổi kết tinh của đá granit hai mica khối Sầm Sơn cho đến nay vẫn còn bỏ ngỏ.



Hình 1. Sơ đồ địa chất vùng lấy mẫu nghiên cứu.

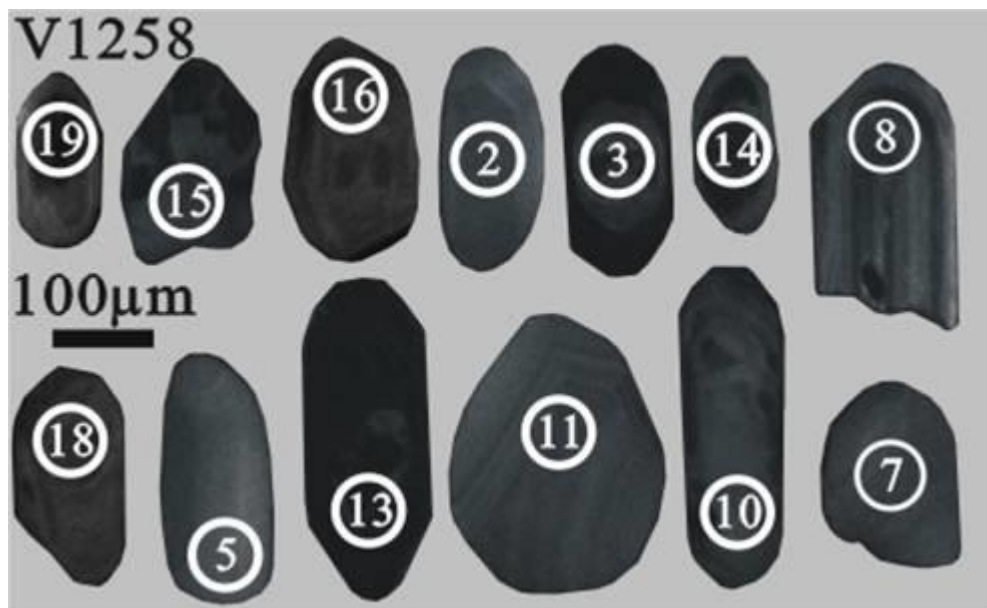
Bài báo này giới thiệu những kết quả nghiên cứu mới về tuổi U-Pb zircon và thành phần đồng vị Hf trong zircon cho các thành tạo granit hai mica khối Sầm Sơn.

## II. MẪU NGHIÊN CỨU VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH LA-ICP-MS U-Pb ZIRCON

Mẫu granit có số hiệu V.1258 được lấy tại tọa độ địa lý  $19^{\circ}43'28''$  độ vĩ Bắc,  $105^{\circ}53'33''$  độ kinh Đông, thuộc khối Sầm Sơn, thị xã Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Đá granit hai mica thay đổi từ sáng

màu tối sẫm màu, có cấu tạo khối, hạt nhỏ đến vừa, kiến trúc dạng porphyr yếu với các ban tinh chủ yếu là feldpat kali. Thành phần khoáng vật gồm plagioclas: 30-32 % ; feldpat kali: 25- 32 % ; thạch anh: 20- 25 % ; khoáng vật mica gồm biotit và muscovit 7-10 %, đa số biotit bị biến đổi thành muscovit. Khoáng vật gồm như zircon, turmalin và quặng. Ngoài thực địa các khoáng vật màu sắp xếp rất định hướng.

Zircon sau khi tuyển từ mẫu V.1258 được gắn vào một đĩa nhựa epoxy cùng với các hạt zircon chuẩn 9500, và được đánh bóng để lộ phần trung tâm hạt để phân tích đặc điểm cấu trúc phân đôi bên trong và chụp ảnh (CL) bằng kỹ thuật phân tích hiển vi điện tử quét (SEM: Scanning Electronic Microscop). Cách gia công mẫu này còn giúp chọn những vị trí thích hợp trong tinh thể zircon để phân tích đồng vị U-Pb trên máy LA-ICP-MS U-Pb. Các phân tích SEM và LA-ICP-MS U-Pb được tiến hành tại phòng thí nghiệm SEM và LA-ICP-MS của Viện Vật lý Địa cầu và Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học Trung Quốc. Việc chuẩn bị, phân tích và tính toán sau phân tích LA-ICP-MS U-Pb trong nghiên cứu này hoàn toàn giống kỹ thuật được tác giả trình bày chi tiết ở một bài báo khác [5].



Hình 2. Ảnh CL của các tinh thể zircon lấy từ mẫu granit V.1258 khối Sầm Sơn. Các vòng tròn nhỏ (đường kính 40 µm) là vị trí phân tích LA-ICP-MS U-Pb và chữ số trong vòng tròn là các điểm phân tích mẫu (tuổi của các điểm phân tích có thể tra tại Bảng 1).

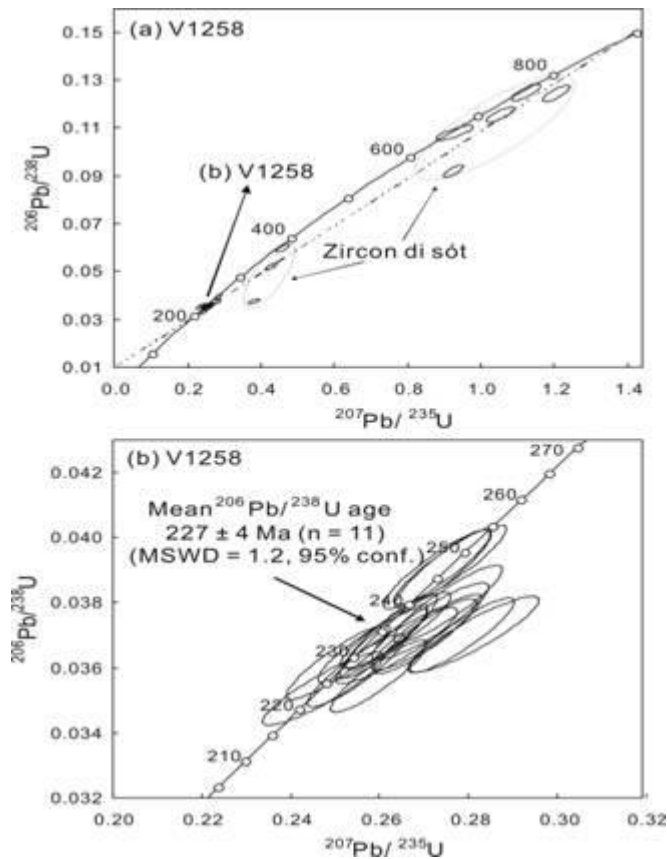
**Bảng 1. Kết quả phân tích tuổi đồng vị U-Pb zircon của đá granit hai mica khối Sầm Sơn bằng phương pháp LA-ICP-MS**

SHM	Tỷ lệ đồng vị						Tuổi (Tr.n)			
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 $\sigma$
V.1258-1	0,23638	0,01071	0,03544	0,00085	0,00956	0,00036	225	5	215	9
-2	0,24294	0,00801	0,03315	0,00077	0,01078	0,00025	210	5	221	7
-3	1,20590	0,03008	0,12431	0,00282	0,03500	0,00076	755	16	803	14
-4	1,12325	0,03219	0,12496	0,00285	0,03807	0,00084	759	16	765	15
-5	0,25679	0,01095	0,03551	0,00084	0,01152	0,00030	225	5	232	9
-6	0,24470	0,00820	0,03564	0,00082	0,01159	0,00029	226	5	222	7
-7	0,25020	0,00821	0,03524	0,00081	0,01090	0,00025	223	5	227	7
-8	0,28322	0,00858	0,03951	0,00090	0,01252	0,00029	250	6	253	7
-10	0,42816	0,01361	0,05214	0,00119	0,02368	0,00068	328	7	362	10
-11	0,25741	0,00826	0,03590	0,00082	0,01202	0,00029	227	5	233	7
-12	0,92886	0,04026	0,10796	0,00250	0,03628	0,00097	661	15	667	21
-13	0,27993	0,00741	0,03712	0,00083	0,01953	0,00049	235	5	251	6
-14	0,38070	0,01298	0,03757	0,00086	0,01016	0,00030	238	5	328	10
-15	0,92499	0,02180	0,09206	0,00205	0,03972	0,00086	568	12	665	12
-16	0,25873	0,00814	0,03603	0,00081	0,01158	0,00027	228	5	234	7
-17	1,05268	0,03133	0,11553	0,00259	0,03883	0,00086	705	15	730	16
-18	0,25258	0,00833	0,03474	0,00079	0,01067	0,00025	220	5	229	7
-19	0,45842	0,01473	0,05969	0,00135	0,02333	0,00079	374	8	383	10
-20	0,25481	0,01007	0,03491	0,00080	0,01172	0,00029	221	5	231	8

### III. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

#### 1. Kết quả phân tích SEM và tuổi đồng vị U-Pb zircon

Zircon trong mẫu V.1258 có hình dạng và kích thước khác nhau, biến thiên từ 60-320 $\mu\text{m}$ . Kết quả ảnh CL cho thấy, hầu hết các hạt zircon không có phân đới (hạt 5 và hạt 13) hoặc phân đới mờ (hạt 11, hạt 14 và hạt 8) và bị bào mòn ở hai đầu, không thực sự đặc trưng cho zircon magma. Có thể đây là zircon bị tái kết tinh bởi sự kiện địa chất về sau nào đó làm xóa nhòa sự phân đới ban đầu của hạt zircon. Một số hạt zircon có chứa nhân di sót (Hình 2), nhân và riềm có sự khác biệt về màu sắc. Kết quả phân tích đồng vị U-Pb zircon được đưa ra trong Bảng 1 và thể hiện trên Hình 3. 20 điểm phân tích được thực hiện trên 20 đơn khoáng zircon khác nhau cho thấy, hầu hết các hạt zircon phân tích cho tuổi tập trung quanh 230 Tr.n và nằm trên hoặc sát với đường cong concordia, giá trị tuổi trung bình  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  là  $227\pm 4$  Tr.n. Một số điểm phân tích có tuổi cổ hơn, dao động trong khoảng 328-759 Tr.n. (hạt 03, 04, 10, 12, 15, 17 và 19), chứng tỏ zircon trong mẫu phân tích có chứa các nhân di sót. Các hợp phần di sót này, trên ảnh CL thể hiện sự không đồng nhất với riềm sinh trưởng về sau của zircon từ mức độ phân đới cho tới hình dạng. Có lẽ đây là các hạt zircon tồn tại trong vỏ chưa bị nóng chảy hoàn toàn hoặc bị hỗn nhiễm vào dung thể magma trong quá trình đi lên phần trên của vỏ Trái Đất.



Hình 3. Biểu đồ biểu diễn kết quả phân tích zircon U-Pb mẫu V.1258 đá granit hai mica khối Sầm Sơn bằng phương pháp LA-ICP-MS (a-V.1258 biểu đồ tổng hợp tuổi zircon, tuổi thành tạo và tuổi vật liệu di sót; b-V.1258 giá trị tuổi kết tinh trung bình của 11 điểm phân tích).

## 2. Tuổi kết tinh của đá granit hai mica khối Sầm Sơn

Từ trước tới nay, do chưa có các số liệu phân tích tin cậy để minh chứng cho thời gian thành tạo của đá granit khối Sầm Sơn khu vực Thanh Hóa, các kết quả nghiên cứu trước đây xếp granit khối Sầm Sơn vào nhịp magma Paleozoi sớm cùng với các thành tạo phức hệ Núi Nưa, Bó Xinh [3]. Trong nghiên cứu này, tuổi thành tạo của đá granit khối Sầm Sơn được xác định bằng đồng vị U-Pb trong zircon trên máy LA-ICP-MS. Hình 3a cho thấy, 11 trong số 20 hạt zircon phân tích đều nằm trên hoặc sát đường cong concordia và có tuổi  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  dao động quanh 230 Tr.n, trung bình là  $227 \pm 4$  Tr.n, tương ứng với giai đoạn Trias giữa. Một số hạt zircon khác, do bị mất chì nên nằm dưới đường cong concordia và tập trung vào hai khoảng tuổi là 400 và 750 Tr.n. Hình 3b thể hiện chi tiết hơn tuổi trung bình  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  của 11 hạt zircon là  $227 \pm 4$  Tr.n. Kết hợp với đặc điểm tiêu hình và cấu trúc bên trong của các hạt zircon (Hình 2) có thể nói, 227 Tr.n là giá trị tuổi kết tinh nhỏ nhất của đá granit khối Sầm Sơn.

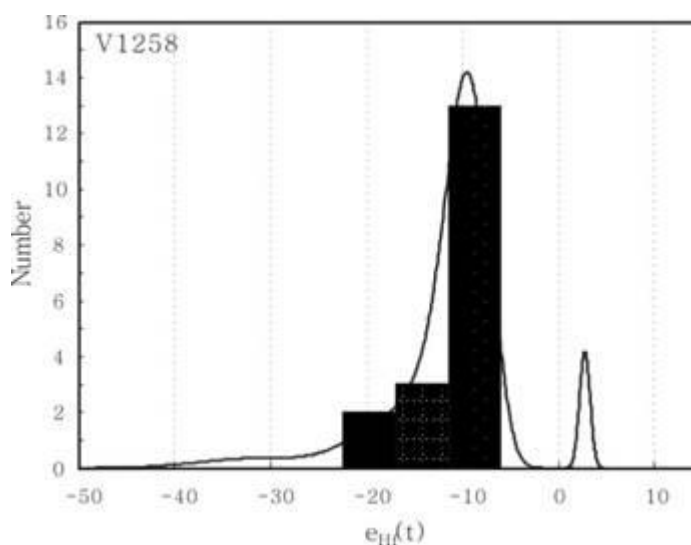
## 3. Thành phần đồng vị Hf và nguồn gốc của đá granit hai mica khối Sầm Sơn

Thành phần đồng vị Hf được phân tích trực tiếp từ các đơn khoáng zircon. Chi tiết của phương pháp phân tích có thể tham khảo [7]. Tác giả phân tích tổng cộng 20 điểm phân tích từ mẫu V.1258 (Bảng 2), kết quả cho thấy đa số tỷ lệ đồng vị  $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$  dao động trong phạm vi từ 0,000603 - 0,003373, với 7 điểm phân tích cho kết quả  $< 0,002$ , và 13 điểm phân tích có tỷ lệ  $> 0,002$ . Kết quả này cho thấy nguồn vật liệu nóng chảy vỏ có nhiều nguồn khác nhau. Tỷ số  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  tương đối đồng đều, dao động trong khoảng 0,281756 - 0,282722. Nếu như sử dụng thời gian  $t = 227$  Tr.n để tính giá trị  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  thì kết quả dao động trong phạm vi -19 đến -6,9 (hai giá trị -31 và +2,7 là hai giá trị khác xa với kết quả khác, không đại diện cho kết quả phân tích), chủ yếu cho giá trị âm, trung bình là  $-9,7 \pm 1,1$  (Hình 4). Tuổi mô hình giai đoạn 1 ( $T_{\text{dm}1}$ ) dao động 1281 - 1658 Tr.n (Hình

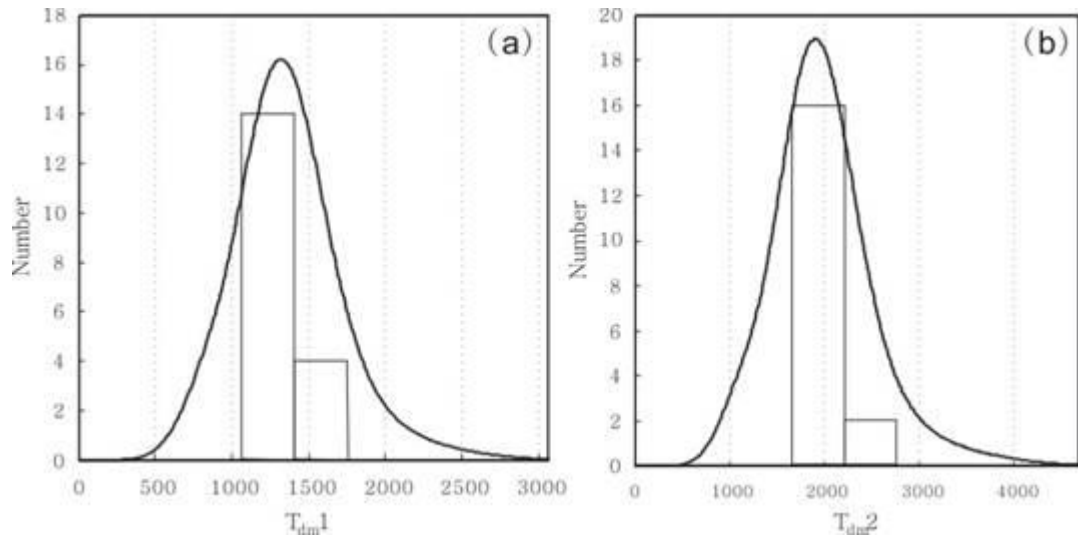
5a), tuổi mô hình giai đoạn 2 ( $T_{dm2}$ ) dao động từ 1696 - 2478 Tr.n (Hình 5b), tuổi mô hình giai đoạn 1 và giai đoạn 2 thay đổi trong phạm vi rộng.

**Bảng 2. Thành phần đồng vị Hf trong zircon mẫu V.1258 của đá granit hai mica khối Sầm Sơn**

SHM	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	$\pm 2\sigma$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ( $t=227$ Tr.n)	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	$\pm 2\sigma$	$T_{dm1}$ (Tr.n)	$T_{dm2}$ (Tr.n)
V.1258-01	0,097973	0,002434	0,282383	0,000015	0,282370	-9.2	0,5	1.281	1.845
-02	0,065977	0,001653	0,282362	0,000015	0,282353	-9.8	0,5	1.283	1.883
-03	0,095169	0,002304	0,282353	0,000012	0,282341	-10	0,4	1.319	1.909
-04	0,129811	0,003373	0,282397	0,000014	0,282381	-8.9	0,5	1.293	1.822
-05	0,024666	0,000603	0,281756	0,000018	0,281752	-31	0,6	2.081	3.202
-06	0,093544	0,002263	0,282327	0,000013	0,282316	-11	0,5	1.355	1.966
-07	0,057312	0,001463	0,282092	0,000014	0,282084	-19	0,5	1.658	2.478
-08	0,070352	0,001746	0,282370	0,000013	0,282361	-9.6	0,5	1.275	1.866
-09	0,092662	0,002204	0,282260	0,000016	0,282249	-14	0,6	1.450	2.115
-10	0,085360	0,002080	0,282352	0,000014	0,282341	-10	0,5	1.313	1.910
-11	0,092901	0,002238	0,282325	0,000017	0,282314	-11	0,6	1.357	1.970
-12	0,098040	0,002427	0,282421	0,000015	0,282408	-7.9	0,5	1.225	1.760
-13	0,129434	0,003331	0,282453	0,000015	0,282437	-6.9	0,5	1.207	1.696
-14	0,054454	0,001352	0,282223	0,000018	0,282215	-15	0,6	1.469	2.189
-15	0,059958	0,001574	0,282374	0,000014	0,282365	-9.4	0,5	1.264	1.857
-16	0,074783	0,001827	0,282307	0,000017	0,282297	-12	0,6	1.368	2.007
-17	0,085372	0,002171	0,282126	0,000019	0,282115	-18	0,7	1.641	2.410
-18	0,120321	0,003078	0,282385	0,000020	0,282370	-9.2	0,7	1.300	1.845
-19	0,087755	0,002163	0,282373	0,000017	0,282362	-9.5	0,6	1.286	1.864
-20	0,124612	0,002970	0,282722	0,000016	0,282708	2.7	0,6	796	1.089

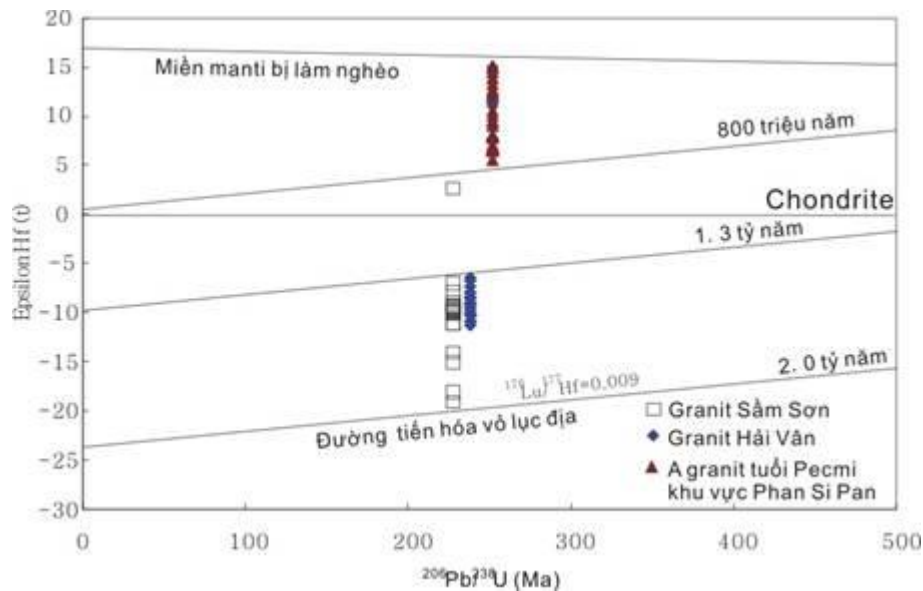


Hình 4. Sơ đồ phân bố giá trị  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  trong zircon của mẫu V1258.



Hình 5. Sơ đồ phân bố tuổi mô hình giai đoạn 1 ( $T_{dm1}$ ) (a) và tuổi mô hình giai đoạn 2 ( $T_{dm2}$ ) (b) của đá granit khối Sầm Sơn.

Zircon là khoáng vật rất bền vững, dẫn tới các tổ hợp đồng vị Hf trong nó ít bị ảnh hưởng bởi các giai đoạn nhiệt kiến sinh về sau, ngoài ra trong zircon chứa rất ít hàm lượng Lu, tạo điều kiện thuận lợi để xác định chính xác đồng vị Hf từ lúc zircon được hình thành. Đây chính là những đặc tính mà zircon được coi như một công cụ hữu ích khi bàn luận về quá trình tiến hóa vỏ lục địa Trái Đất và dấu tích của các nguồn vật liệu ban đầu [1, 2, 4]. Trong nghiên cứu này, các giá trị  $\epsilon_{Hf}(t)$  và tuổi mô hình  $T_{dm1}$  và  $T_{dm2}$  của đá granit khối Sầm Sơn biến thiên trong phạm vi khá rộng, thể hiện nguồn vật liệu ban đầu rất phức tạp, nhiều nguồn khác nhau, chúng tương đồng với granit kiểu S. Trên biểu đồ tương quan giữa  $\epsilon_{Hf}(t)$  và tuổi thành tạo  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  (Tr.n) cho thấy chúng chủ yếu nằm trên đường tiến hóa vỏ lục địa. Một điểm phân tích (V.1258- 20) nằm trên miền manti bị làm nghèo, có thể trong quá trình thành tạo chúng có sự tham gia của vật liệu manti. Tuổi mô hình của điểm phân tích này rất tương đồng với tuổi mô hình của các đá alkali granit khu vực Phan Si Pan ở Tây Bắc Việt Nam [8] và A granit khu vực Emeishan ở Nam Trung Hoa [9,10]. Giai đoạn này có thể là một giai đoạn sinh trưởng của vỏ lục địa [8], tuy nhiên chỉ có một kết quả  $\epsilon_{Hf}(t)$  cho giá trị dương, do đó đây không được coi là đại diện cho đá granit hai mica khối Sầm Sơn. Các giá trị  $\epsilon_{Hf}(t)$  của đá granit hai mica khối Sầm Sơn rất tương đồng với  $\epsilon_{Hf}(t)$  của đá granit phức hệ Hải Vân (Hình 6) (tài liệu chưa công bố của tác giả), trên sơ đồ tương quan giữa  $\epsilon_{Hf}(t)$  và tuổi thành tạo  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  (Tr.n) (Hình 6), về nguồn gốc đá granit khối Sầm Sơn khá gần gũi với đá granit Hải Vân, nhiều khả năng chúng được thành tạo cùng một cơ chế, khi tuổi thành tạo là tương đồng với nhau. Sự khác biệt ở đây là cấu trúc đơn khoáng zircon của đá granit Hải Vân điển hình kiểu magma hơn các thành tạo granit hai mica khối Sầm Sơn, điều này cần tiếp tục nghiên cứu trong các công trình tiếp theo.



Hình 6. Mối tương quan giữa  $\epsilon_{Hf}(t)$  và tuổi thành tạo của đá granit khối Sầm Sơn (giá trị  $\epsilon_{Hf}(t)$  đá granit Hải Vân (tài liệu chưa công bố của tác giả),  $\epsilon_{Hf}(t)$  A granit tuổi Permi khu vực Phan Si Pan [8])

Với các kết quả phân tích trên cho thấy nguồn gốc đá granit hai mica khối Sầm Sơn, chủ yếu được thành tạo do sự nóng chảy cục bộ các đá có tuổi Paleoproterozoi và được thành tạo trong giai đoạn Indosini, giai đoạn này phân bố khá rộng rãi ở khu vực Đông Dương và Nam Trung Hoa.

#### 4. Tuổi các hợp phần di sót trong đá granit hai mica khối Sầm Sơn và ý nghĩa địa chất

Từ kết quả tuổi đồng vị U-Pb zircon, kết hợp nghiên cứu cấu trúc bên trong đơn khoáng zircon thông qua ảnh CL, phát hiện sự tồn tại các hợp phần di sót zircon có tuổi khoảng 400 Tr.n và khoảng 750 Tr.n, tương ứng với Paleozoi giữa và Neoproterozoi. Zircon có tuổi cổ hơn này có lẽ là những phần di sót trong đá vây quanh, được đưa vào dung thể magma trong quá trình magma đi lên phần trên của vỏ Trái Đất.

Giá trị tuổi cổ khoảng 750 Tr.n trong vùng nghiên cứu tương đồng với tuổi thành tạo granit phức hệ Po Sen [6, 11]. Giá trị hợp phần di sót tuổi khoảng 400 Tr.n tương ứng với các thành tạo gabrodiorit khối A Bung ở vùng Đăk Krông - A Lưới (khoảng 390 Tr.n) hay các thành tạo granitoid phức hệ Đại Lộc khá phổ biến trong khu vực địa khối Kon Tum đã được phát hiện trong những năm gần đây [12, 13, 14]. Điều này cho thấy sự có mặt của các hợp phần di sót đều là sản phẩm của các giai đoạn hoạt động magma đã được ghi nhận trên lãnh thổ Việt Nam.

#### IV. KẾT LUẬN

Tuổi thành tạo của đá granit hai mica khối Sầm Sơn được phân tích bằng phương pháp LA-ICP-MS tập trung tại  $227 \pm 4$  Tr.n. Kết hợp với nghiên cứu cấu trúc bên trong các hạt zircon, giá trị 227 Tr.n được xem là tuổi kết tinh trẻ nhất của đá granit khối Sầm Sơn, tuổi thành tạo chúng có thể tương ứng với giai đoạn Trias sớm. Điều này cần được nghiên cứu thêm.

Thành phần đồng vị Hf và tuổi mô hình cho thấy đá granit khối Sầm Sơn được thành tạo do sự nóng chảy từng phần miền nguồn vỏ lục địa có tuổi Paleoproterozoi.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED), đề tài mã số 105.03-2011.23. Trong quá trình thực hiện thí nghiệm được sự giúp đỡ của TS. Wang F., TS. Yang Y.H. Công tác thực địa được sự giúp đỡ của GS. Sun X.M., GS Wang P.J. (Trường Đại học Cát Lâm Trung Quốc), PGS.TS Lê Tiến Dũng (Trường Đại học Mở - Địa chất). Quá trình hoàn thiện bài báo được sự góp ý của TS. Nguyễn Thị Bích Thủy. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn những hợp tác và giúp đỡ quý báu đó.

#### VĂN LIỆU

1. **Amelin Y., Lee D.C., Halliday A.N. et al, 1999.** Nature of the Earth's earliest crust from hafnium isotopes in single detrital zircons. *Nature*, 399, 252-255.
2. **Amelin Y., Lee D.C., Halliday A.N., 2000.** Early-middle crust evolution deduced from Lu-Hf and U-Pb isotopic studies of single zircon grains. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 4205-4225.
3. **Đào Đình Thực, Huỳnh Trung, 1995.** Địa chất Việt Nam, tập II- Các thành tạo magma. *Cục Địa chất Việt Nam. Hà Nội*, 359 tr.
4. **Griffin W.L., Wang X., Jackson S.E. et al, 2002.** Zircon geochemistry and magma mixing, SE China: in-situ analysis of Hf isotopes, Tonglu and Pingtan igneous complexes. *Lithos* 61, 237-269.
5. **Phạm Trung Hiếu, Fukun Chen, Lê Thanh Mỹ, Vũ Lê Tú, Nguyễn Thị Bích Thủy, 2009.** Tuổi đồng vị U-Pb zircon trong granit phức hệ Yên Sơn Tây Bắc Việt Nam và ý nghĩa của nó. *TC Các khoa học về Trái đất* 31/1:23-29.
6. **Pham Trung Hieu, CHEN Fukun, ZHU Xiyan, Wang Wei, Nguyen Thi Bich Thuy, Bui Minh Tam, Nguyen Quang Luat, 2009.** Zircon U-Pb ages and Hf isotopic composition of the Posen granite in northwestern Vietnam. *Acta Petrologica Sinica*, 25/12:3141-3152.
7. **Phạm Trung Hiếu, Nguyễn Quang Luật, Khương Thế Hùng, 2010.** Hệ đồng vị Lu-Hf trong nghiên cứu thạch luận (lấy ví dụ cho phức hệ Po Sen Tây Bắc Việt Nam). *TC Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* 23/1:23-33.
8. **Pham Trung Hieu, Fukun Chen, Nguyen Thi Bich Thuy, Nguyen Quoc Cuong, Shuangqing Li., 2013.** Geochemistry and zircon U-Pb ages and Hf isotopic composition of Permian alkali granitoids of the Phan Si Pan in northwestern Vietnam. *Journal of Geodynamics*, 69: 106-121.
9. **Shellnutt, J.G., Wang C.Y., Zhou M.F., Yang Y.H., 2009a.** Zircon Lu-Hf isotopic compositions of metaluminous and peralkaline A-type granitic plutons of the Emeishan large igneous province (SW China): Constraints on the mantle source. *Journal of Asian Earth Sciences* 35, 45-55.
10. **Shellnutt J.G., Zhou M.F., Zellmer G., 2009b.** The role of Fe-Ti oxide crystallization in the formation of A-type granitoids with implications for the Daly gap: an example from the Permian Baima igneous complex. *Chemical Geology* 259,204-217.
11. **Trần Ngọc Nam, 2003.** Tuổi U-Pb zircon 750 triệu năm của phức hệ Pò Sen và ý nghĩa kiến tạo. *TC Địa chất*, A/274: 11-16. Hà Nội.
12. **Nguyễn Văn Vượng, Vũ Văn Tích, Hansen Bent, 2004.** Áp dụng phương pháp Tims U/Pb xác định tuổi kết tinh của khối Đại Lộc. *TC Các Khoa học về Trái đất*, 26/3: 202-207.
13. **Nguyễn Quang Luật, Phạm Trung Hiếu, Nguyễn Tiến Thành, 2012.** Tuổi U-Pb zircon và thành phần đồng vị Hf của gabrodiorit khối A-Bung, vùng Đăk Krông - A Lưới. *TC Địa chất, loạt A/ 329: 19-29. Hà Nội.*
14. **Trần Ngọc Nam, 2004.** Tuổi đồng vị U-Pb của zircon 436 triệu năm trong phức hệ Sông Re ở địa khối Kon Tum và ý nghĩa của nó. *TC Địa chất*, A/281:18-23. Hà Nội.