Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Khoa học Tự nhiên 2024, 8(1): 2806-2819

Open Access Full Text Article

Bài nghiên cứu

Đặc điểm đá quý Zircon liên quan Basalt vùng Đông Nam Bộ

Lê Ngọc Năng[1,2,3,*], Nguyễn Thành Trí[4]

TÓM TẮT

Bài báo trình bày việc nghiên cứu đá quý zircon tìm thấy ở Đông Nam Bộ, Việt Nam, liên quan basalt kiềm Kainozoi và tích tụ tại các sườn đồi hoặc lòng suối dưới dạng sa khoáng. Zircon trong khu vực này chủ yếu có màu nâu, cam, xám và không màu, trong suốt, và mang ánh kim cương. Ngoài ra, chúng hầu hết có hiệu ứng đổi màu dưới ánh sáng khác nhau và thường có hình dạng của các hình trụ 4 mặt chóp, đặc trưng cho kiểu tinh thể kết tinh hệ bốn phương. Các đặc điểm ngọc học tiêu chuẩn như chiết suất, tỷ trọng, phổ hấp thu, đặc điểm quang học, và phát quang dưới đèn cực tím (sóng dài và sóng ngắn) đều chứng minh rằng zircon nghiên cứu thuộc nhóm khoáng vật zircon. Đáng chú ý, chiết suất không đo được bằng khúc xạ kế và tỷ trọng cao (từ 4,66 đến 4,71) chỉ ra đây là loại zircon cao. Phân tích nhiễu xạ tia X xác định cấu trúc và thành phần cho kết quả mẫu nghiên cứu kết tinh hệ bốn phương, công thức hóa học $ZrSiO_4$. Phổ Raman đặc trưng với các đỉnh 226, 352 438, 972 và 1004 cm^{-1}, và phổ FTIR có các đỉnh 448, 607, 898 cm^{-1}. Đặc điểm của hai phổ này chứng tỏ zircon bị phóng xạ hóa. Sự so sánh giữa hàm lượng HfO_2 và nhiệt kế Ti cho thấy zircon Đông Nam Bộ có nguồn gốc từ Syenit nóng chảy, với nhiệt độ kết tinh từ 829,78 đến 869,04°C. Hệ tầng Xuân Lộc có diện phân bố khoảng 1.000 km^2 với độ sâu thay đổi từ 50 đến 250 m, vỏ phong hóa dày từ 1 đến hơn 10 m, là nguồn chứa tiềm năng zircon có thể khai thác sử dụng cho đá quý trang sức.

Từ khoá: zircon, basalt, ĐNB, đá quý

[1]Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam;

[2]Đại học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh, Việt Nam;

[3]Trung tâm Nghiên cứu và Ứng dụng Ngọc học Liu, Việt Nam;

[4]Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Việt Nam

Liên hệ

Lê Ngọc Năng, Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam;

Đại học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh, Việt Nam;

Trung tâm Nghiên cứu và Ứng dụng Ngọc học Liu, Việt Nam;

Email: nang@liulab.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 09-06-2023
- Ngày chấp nhận: 21-3-2024
- Ngày đăng: 31-3-2024

DOI :

https://doi.org/10.32508/stdjns.v8i1.1295

Check for updates

GIỚI THIỆU

Zircon là một trong những khoáng vật cổ xưa nhất của trái đất, đồng thời cũng là một loại đá quý quan trọng và có giá trị cao, đã thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học và nghiên cứu trên thế giới. Đá quý zircon được phát hiện tại nhiều quốc gia như Thái lan, Úc, Mexico, Lào, Campuchia và Việt Nam [1–4]. Nguồn gốc của zircon liên quan đến basalt đã thu hút nhiều nỗ lực nghiên cứu, các phương pháp như tổ hợp nguyên đất hiếm (REE) và Ce đã được sử dụng để xác định nguồn gốc thành tạo [5]. Nghiên cứu gần đây của C. Siégel và cộng sự (2018) đã sử dụng tổ hợp các phương pháp nhiệt kế và hàm lượng đồng vị oxygen 18 để xác định nguồn gốc và điều kiện thành tạo của zircon [6]. Tuy nhiên, những phương pháp này cũng gặp hạn chế, đặc biệt là đối với các kết quả thấp bất thường về nhiệt độ. Ở Việt Nam, đá quý zircon cũng được tìm thấy ở nhiều nơi như Tây Nguyên, Bình Thuận (Đá Bàn) [7–9]. Zircon ở những vùng này đều liên quan đến basalt, xuất hiện dưới dạng xenocryst của basalt, được phong hóa và tập trung tại sườn đồi, các lòng suối.

Bài báo này mô tả đặc điểm khoáng vật và chất lượng đá quý của zircon liên quan đến basalt Đông Nam Bộ (ĐNB). Sử dụng các phương pháp định lượng để xác định nguồn gốc và điều kiện thành tạo ban đầu của zircon, đồng thời đưa ra đánh giá về những hạn chế của các phương pháp này và đề xuất hướng phát triển nghiên cứu đặc điểm zircon đá quý trong tương lai.

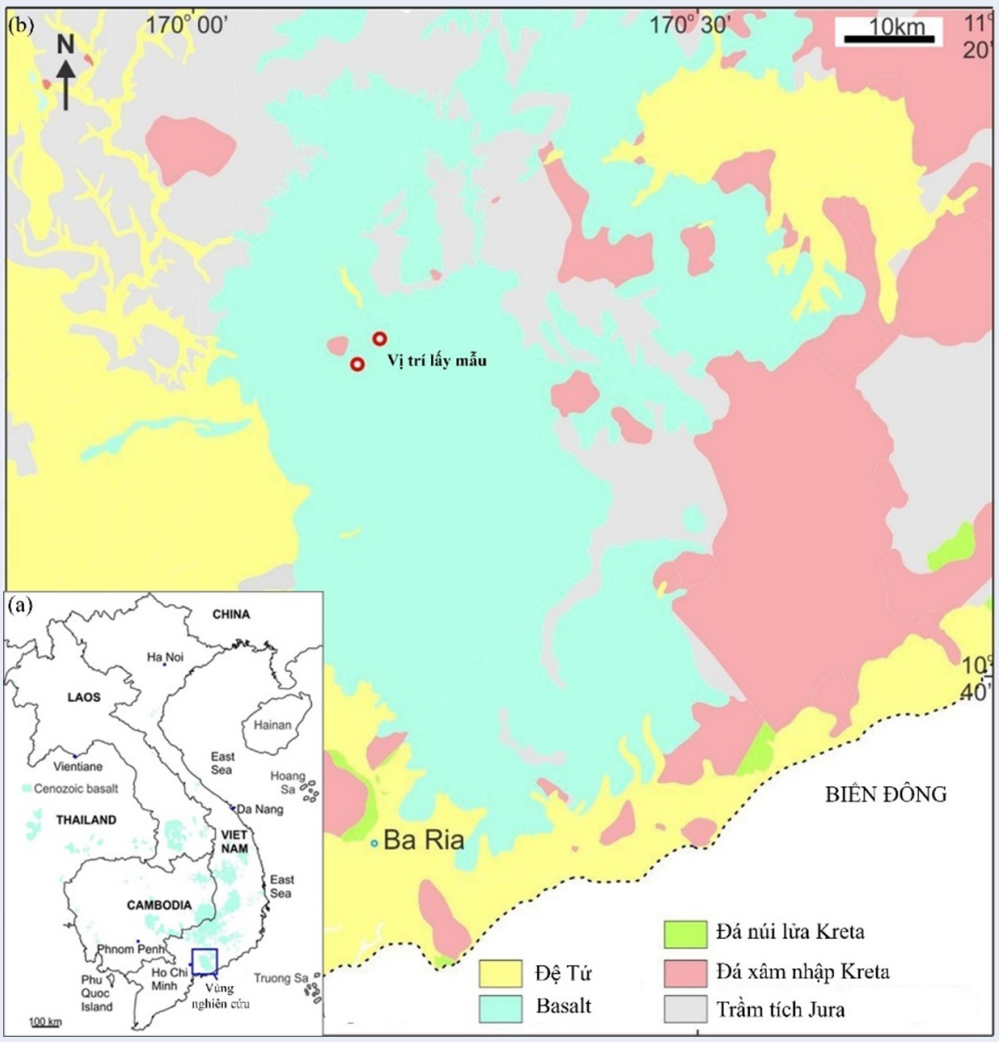
ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT TẠI VÙNG KHẢO SÁT

Ở Việt Nam, có 2 sự kiện kiến tạo sơ cấp quan trọng góp phần định hình địa chất của vùng khảo sát. Sự kiện thứ nhất diễn ra trong giai đoạn kỷ Trias (250-240 triệu năm) với quá trình tạo núi Indosinia. Sự kiện này là kết quả sự va chạm lục địa của hai khối Đông Dương và khối Hoa Nam, làm cho phía tây bắc của khối Đông Dương nổi cao về các khối lục địa tiếp giáp có nguồn gốc từ Gondwana [10,11]. Sự kiện kiến tạo thứ hai (sự kiện Hymalya) liên quan đến va chạm của hai địa mảng Ấn Độ và Âu–Á xảy ra trong Paleogen (50–55 triệu năm) [12,13]. Sự kiện này đóng vai trò quan trọng trong quá trình kiến tạo khu vực, bởi nó gây ra sự phun trào trên diện rộng của các basalt trên một khu vực rộng lớn của các lưu vực ven biển phía đông và đông nam châu Á, cũng như tây Thái Bình Dương [14]. Các đá basalt này có cấu trúc tách rời nhau và được giới hạn bởi các đứt gãy trượt bằng và đứt gãy thuận, đã hình thành hầu hết các trung tâm basalt ở đông Đông Dương trong đó có vùng ĐNB, Việt Nam [15].

Trích dẫn bài báo này: Năng L N, Trí N T. **Đặc điểm đá quý Zircon liên quan Basalt vùng Đông Nam Bộ**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2024; 8(1): 2806-2819.

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Hình 1: Sơ đồ địa chất vùng khảo sát

Vùng ĐNB có tổng diện tích 23.6 nghìn km^2 và có 10.166 km^2 bị bao phủ bởi các thành tạo phun trào với bề dày từ vài đến hàng trăm mét (Hình 1). Hai giai đoạn phun trào của magma núi lửa đã được xác định tại ĐNB. Giai đoạn đầu bao gồm các dòng tholeiit thạch anh và olivin có tuổi Neogen được xác định 8 triệu năm và giai đoạn sau bao gồm olivin tholeiit, basalt kiềm, và basalt (Đệ tứ) [16]. Các loại khoáng vật trong loạt thạch anh và olivin này bao gồm basalt, basalt hai pyroxene, basalt dolerite, hyalobasalt nghèo olivin, có cấu tạo đặc sít và xen lỗ hổng, màu xám đen, thành phần kalium rất thấp < 1% [16]. Loạt olivin tholeiit, basalt kiềm, và basalt, basaltit–basalt olivin kiềm–basalt thường. Trong loạt này gặp nhiều các xenolith và xenocryst với kích thước lớn như garnet, augite, corundum, peridot, feldspar và zircon. Đây là các loại khoáng vật có tiềm năng đá quý.

Zircon trong khảo sát này là các xenocryst được thu thập trong loạt basalt kiềm hệ tầng Xuân Lộc và lớp vỏ phong hóa của nó (Hình 2). Những xenocryst này không chỉ mang lại thông tin về đặc điểm khoáng vật và ngọc học, mà còn đóng góp quan trọng vào việc hiểu nguồn gốc và điều kiện thành tạo ban đầu của chúng.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mẫu nghiên cứu

Tổng cộng có hơn 100 mẫu các loại được thu thập qua hai chuyến thực địa (tháng 10 năm 2020 và tháng 7 năm 2022). Trong đó, có khoảng 30 mẫu là các tinh thể bốn phương hoàn chỉnh hoặc tương đối hoàn chỉnh, 65 mẫu là dạng mảnh vỡ không còn hình dạng tinh thể hoặc chỉ còn một hoặc hai mặt tinh thể không

Hình 2: Tinh thể zircon nằm trong đá basalt chưa phong hóa hoàn toàn (trái) và tinh thể zircon nằm trong lớp phong hóa bở rời ở sườn đồi (phải). Ảnh Lê Ngọc Năng, 2022.

Hình 3: Các mẫu nghiên cứu chi tiết với 5 mẫu được mài giác (Z1 đến Z5) có trọng lượng từ 1.25 đến 4.02 ct; 2 mẫu mài cabochon (Z7 và Z6) có trọng lượng 3.78 và 4.08 ct; và 5 mẫu tinh thể để ở dạng nguyên thô (Z8 đến Z12) có trọng lượng từ 6.16 đến 26.90 ct. Ảnh Lê Ngọc Năng, 2020.

rõ ràng, và 5 mẫu nằm trong basalt phong hóa chưa hoàn toàn. Tất cả các mẫu được thu thập dạng sa khoáng, trong các dòng suối nhỏ, các dòng chảy tạm và trong lớp phong hóa tại chỗ của basalt ở các sườn đồi. Để nghiên cứu chi tiết các đặc điểm zircon, 12 mẫu được chọn cho thực hiện các phân tích, trong đó 7 mẫu được chế tác với 5 mẫu mài giác, 2 mẫu mài cabochon và 5 mẫu thô dạng tinh thể (Hình 3).

Các phương pháp ngọc học tiêu chuẩn được sử dụng để xác định các đặc điểm ngọc học

Dạng xuất hiện (hình thái) của mẫu được mô tả dưới ánh sáng đèn daylight kết hợp ánh sáng xuyên thấu; tỷ trọng (SG) được đo bằng phương pháp cân thủy tĩnh và chiết suất (RI) được đo bằng khúc xạ kế ngọc học tiêu chuẩn, nguồn sáng sodium, dung dịch đệm methylene iodide và tetraiodoethylene có chiết suất 1,81. Kính phân cực dùng để xác định đặc tính quang học; tính phát quang được kiểm tra bằng đèn cực tím sóng dài (365 nm) và sóng ngắn (254 nm); đa sắc được xem bằng kính nhị sắc calcite; đặc điểm bên trong được khảo sát dưới kinh hiển vi ngọc học carton 7-50X.

Phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD)

Nhiễu xạ tia X là một công nghệ phổ biến để xác định cấu trúc tinh thể và thành phần hóa của vật liệu bằng tia X. Mẫu nhiễu xạ dạng bột được thực hiện bằng

thiết bị Bruker D2 PHASER, sử dụng tia xạ CuK_α (1.5406 Å) trong dải 5–75° 2θ với tốc độ đo 0,02°/s, ở 40 kV và 30 mA. Mẫu zircon có trọng lượng 2,0 g được nghiền đến cỡ hạt có kích thước 0,005mm. Phần mềm X'Pert HighScore được sử dụng để giải phổ (so sánh mẫu chuẩn của hệ thống Inorganic Crystal Structure Database - ICSD).

Phân tích tán xạ năng lượng tia X (Energy dispersive X-ray – EDX)

Việc phân tích hóa định lượng được thực hiện trên sáu mẫu bằng thiết bị EDX-8100 SIHADZU ở hiệu điện thế 30 kV và cường độ 10 mA. Giới hạn phát hiện của thiết bị đo là: Si và Al 10 ppm; Ti, Fe, Mn, Ca, và K 1 ppm; Mg and Na 100 ppm; Hf và Y 0.1 ppm. Mẫu chuẩn của các nguyên tố Si, Al, Ti, Mg, Mn, Fe, Na, Ca, K, Cr lần lượt là corundum, quartz, titanium dioxide, manganosite, periclase, fayalite, jadeite, wollastonite, potassium titanium phosphate và eskolaite.

Phổ Raman

Được thực hiện bằng thiết bị Xplora One - Horiba Scientific, Acq. time 15s, Accumulations 2, Laser (nm), Spectro (cm^{-1}) 1991,53 cm^{-1}, grating 900 gr/mm, filter 50%, objective x50, range 0-3750 cm^{-1}.

Phổ Fourier-transform infrared (FTIR)

Kỹ thuật ATR, máy phổ hồng ngoại carry 630 FTIR. Dải đo: 4000−400 cm^{-1}. Độ phân giải đo < 2 cm^{-1}. Thời gian đo 3s. Tốc độ quét 3 velocities.

Các phương pháp ngọc học tiêu chuẩn và FTIR được thực hiện tại Trung tâm Nghiên cứu và Ứng dụng ngọc học LIU. Phân tích phổ Raman và XRD được thực hiện tại Viện Công nghệ Hóa học. Phân Tích EDX được thực hiện tại Trung tâm dịch vụ phân tích thí nghiệm Thành phố Hồ Chí Minh (CASE).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hóa học tinh thể

Phân tích thành phần và cấu trúc tinh thể mẫu được thực hiện bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) và kết quả được đối chiếu với mẫu chuẩn zircon có mã số 00-006-0266.PD3 trên hệ thống mẫu chuẩn XRD của ICSD (Hình 4). Dựa trên kết quả, mẫu được xác định có các thông số sau:

Thành phần: Zircon silicate

Công thức hóa học: $ZrSi_2O_4$

Hệ kết tinh: hệ bốn phương.

Phổ nhiễu xạ tia X của mẫu zircon ĐNB (trên) và mẫu chuẩn 01-006-0266.PD3 (dưới) hoàn toàn trùng khớp. Điều này chứng minh rằng mẫu nghiên cứu chủ yếu chứa khoáng vật zircon, với thành phần chính là silicate của zircon và có cấu trúc tinh thể thuộc hệ bốn phương. Đây là thông tin quan trọng trong việc định rõ đặc tính hóa học và cấu trúc tinh thể của zircon trong vùng khảo sát, qua đó xác định chủng loại vật liệu nghiên cứu là zircon.

Hàm lượngnguyên tố

Phân tích hàm lượng nguyên tố của 5 mẫu zircon ĐNB được thực hiện và kết quả trình bày trong ảng 1. Hàm lượng trong các mẫu chủ yếu gồm ZrO_2 49,92–57,97% và SiO_2 40,95–53,02%, dạng vết có HfO_2 0,57– 0,90%, hai mẫu có Y_2O_3 0,1 và 0,09%. Đáng chú ý, hai mẫu hàm lượng Y_2O_3 cũng được xác nhận là có hiện tượng thay đổi màu khi tiếp xúc với ánh sáng, điều này được Féodor Blumentritt và Emmanuel Frisch (2021) xác nhận. Nguyên tố Y cũng được xác định là nguyên nhân gây ra hiện tượng này[17].

Kết quả trong Bảng 1 không chỉ cung cấp thông tin về hàm lượng nguyên tố chính trong zircon ĐNB mà còn làm rõ mối liên quan giữa thành phần hóa học và hiện tượng thay đổi màu, đó là một cơ sở quan trọng cho việc hiểu và khai thác tiềm năng của zircon trong ứng dụng ngọc học và công nghiệp khác.

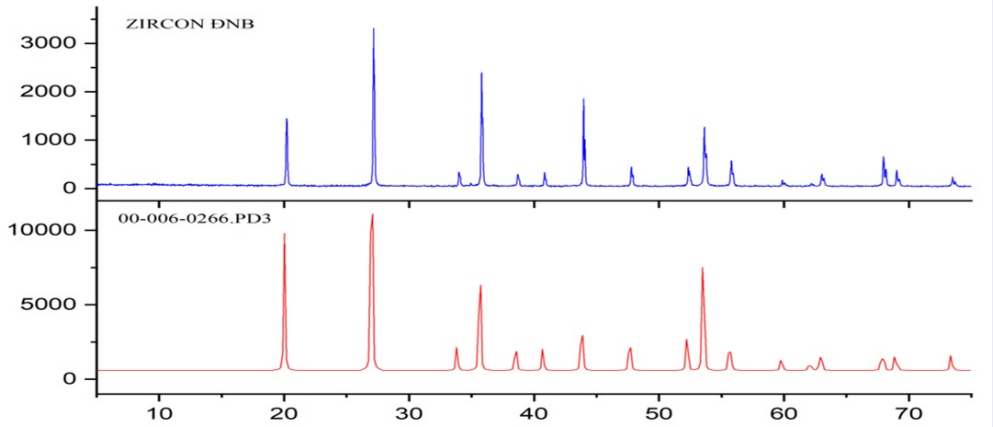
Đặc điểm ngọc học

Đặc điểm hình thái

- Màu sắc: Màu sắc của zircon ĐNB là một đặc điểm khá phức tạp, thay đổi dưới ảnh hưởng của môi trường và thời gian khác nhau. Dưới ánh sáng tự nhiên sau 24 giờ, màu sắc zircon chủ yếu thuộc 4 nhóm.

Các nhóm màu chủ yếu của sau khi chế tác của zircon ĐNB gồm đỏ cam, cam đỏ, nâu và không màu, phổ biến nhất là màu xám nâu chiếm 38% kế đến là cam phớt nâu đậm và cam nâu nhạt, ít hơn có xám nhạt (gần không màu) (Hình 5). Màu sắc của zircon vùng khảo sát chủ yếu thuộc tông màu nóng và có sự biến đổi khi điều kiện môi trường thay đổi. Nguyên nhân gây màu ở zircon là do tâm màu của các nguyên tố Y hay phóng xạ Th hoặc U[17,18].

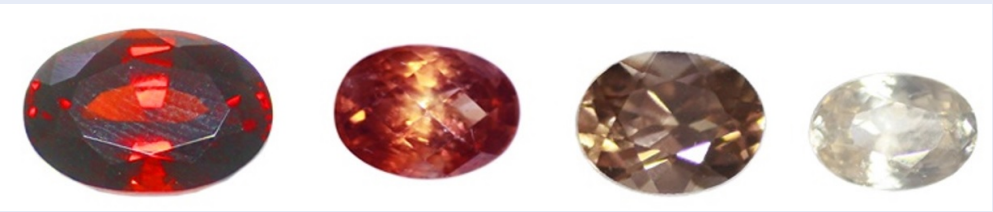
- Hình dạng – kích thước: Tinh thể kiểu bốn phương hoàn chỉnh và các biến thể chiếm 30% số mẫu thu thập được. Còn lại là các mảnh vỡ thường không có hình dạng xác định. Các mẫu tinh thể bốn phương có nhiều biến thể khác nhau: thứ nhất, trụ bốn mặt bên {100} chóp hai đầu hình kim tự tháp bốn mặt tam giác {101} (Hình 6, trái). Thứ hai, trụ bốn mặt bên {100} và chỉ có một đỉnh với các mặt {101} và {221} (Hình 6, giữa). Thứ ba, tinh thể dạng bốn phương biến đổi với sự xuất hiện của các mặt {211} ở tất cả các cạnh tinh thể (Hình 6, phải). Các mảnh vỡ thường không để lại mặt tinh thể, các cạnh bị mài mòn tương đối (Hình 7).



Hình 4: Phổ nhiễu xạ tia X của mẫu zircon ĐNB (trên) và mẫu chuẩn 01-006-0266.PD3 (dưới) hoàn toàn trùng khớp.

Bảng 1: Hàm lượng các nguyên tố của zircon ĐNB

Oxide	Giới hạn phát hiện	Hàm lượng (%)				
		Z1	Z3	Z8	Z10	Z18
ZrO_2	0,0002	52,074	50,014	57,970	49,918	53,017
SiO_2	0,0020	46,931	48,813	40,945	49,100	43,939
HfO_2	0,0001	0,881	0,898	0,742	0,567	0,824
TiO_2	0,0002	0,065	0,071	0,068	0,078	0,075
Fe_2O_3	0,0002	-	0,113	0,110	0,027	-
Y_2O_3	0,0001	0,091	-	0,085	-	-



Hình 5: Các nhóm màu chủ yếu của sau khi chế tác của zircon ĐNB gồm đỏ cam, cam đỏ, nâu và không màu. Ảnh Lê Ngọc Năng, 2022.

Kích thước tinh thể từ rất nhỏ 1−2 mm đến tương đối lớn 30 mm. Trọng lượng từ 1 ct đến 100 ct.

- Độ trong – độ sạch: Khảo sát 100 mẫu zircon thu thập được ở tất cả các vị trí trong vùng nghiên cứu cho thấy độ trong từ trong suốt đến đục. Phân loại độ sạch trên 100 mẫu zircon thu thập của vùng ĐNB theo tiêu chuẩn của Viện Ngọc học Hoa kỳ. Các yếu tố độ sạch chủ yếu là bao thể rắn, bao thể lỏng và cách vết nứt. hư vậy, về tổng thểv độ sạch của zircon ĐNB bộ tương đối tốt.

- Ánh: Quan sát vết vỡ ở các mẫu thô, zircon ĐNB có ánh thủy tinh đến ánh kim cương. Trên các mặt mài bóng có ánh kim cương. Đây là một trong những khoáng vật có ánh cao nhất trong đá quý.

- Hiệu ứng quang học: Hiệu ứng quang học đặc trưng của zircon ĐNB là hiệu ứng biến đổi theo môi trường sáng và thời gian, gọi là hiệu ứng photochromism. Hiệu ứng này được tác giả công bố trên tạp chí The journal of gemology năm 2021[18]. Theo đó khi đặt mẫu các mẫu zircon vào môi trường tối khoảng 18

đến 21 giờ chúng sẽ có màu cam rực rỡ, nhưng khi để dưới ánh sáng tự nhiên (hoặc các nguồn khác) sau khoảng 15 đến 20 phút chúng, có màu xám hoặc nâu phớt cam (Hình 8). Hiện tượng này lặp đi lặp lại khi ở tất cả các lần thử nghiệm. Nguyên nhân gây ra hiệu ứng biến màu theo môi trường và thời gian này do sự hiện tượng tâm màu từ các nguyên tố phóng xạ [17].

Đặc điểm giám định

- Chiết suất – độ lưỡng chiết: Tất cả các mẫu đo đều không quan sát được kết quả trị số chiết suất. Phương pháp đo bằng khúc xạ kế sử dụng dung dịch đệm có chiết suất 1,81 trong khi đó zircon trong nghiên cứu này được xác định là loại zircon cao có chiết suất lý thuyết là 2,21 [19], vượt quá giới hạn đo của dung dịch đệm, nên không ghi nhận được kết quả.
- Tỷ trọng: Đo tỷ trọng bằng phương pháp thủy tĩnh 12 mẫu gồm: 5 mẫu thô, 7 mẫu chế tác (5 mẫu mài giác, 2 mẫu mài cabochon), kết quả tỷ trọng thấp nhất là 4,67, cao nhất là 4,73, trung bình 4,71. Khi so sánh với các kiểu zircon theo phân loại về sự phóng xạ hóa, tỷ trọng zircon vùng ĐNB thuộc loại zircon cao [19].
- Phổ hấp thu: Phân tích 12 mẫu bằng phổ kế trực quang, tất cả đều không ghi nhận được các vạch hấp thu. Như vậy zircon ĐNB không có phổ hấp thu trong vùng khả kiến.
- Đặc điểm quang học: Dưới kính phân cực, các mẫu trong suốt cho chỉ thị khoáng vật dị hướng và một trục quang.
- Phát quang dưới đèn cực tím (UV): Đa phần các mẫu nghiên cứu đều không phát quang với đèn cực tím ở cả hai bước sóng dài và sóng ngắn. Tuy nhiên, vẫn có thể gặp mẫu có phát quang màu vàng cam hoặc vàng dưới sóng ngắn (mẫu Z2 và Z5).
- Đặc điểm bên trong: Dưới kính hiển vi ngọc học tìm thấy các bao thể vân tay trong hầu hết các mẫu. Các bao thể này có thành phần là các bao thể lỏng thường tạo thành dạng mạng lưới (Hình 9A). Một số mẫu gặp các bao thể rắn không xác định được thành phần (Hình 9B). Ở các mẫu thô gần bề mặt thường gặp các bao thể âm, lỗ hổng hoặc khe nứt chạm bề mặt bị lấp đầy bởi vật liệu từ bên ngoài (Hình 9C). Đới màu nâu đỏ gặp ở một số mẫu màu nâu (Hình 9D). Ảnh kép mạnh cũng là đặc điểm nổi bậc ở tất cả các mẫu.

Đặc điểm phổ Raman.

Phổ Raman của zircon ĐNB (Hình 10) ghi nhận các đỉnh hấp thu trong vùng 100–1100 cm^{-1}. Gồm các đỉnh 226 và 352 cm^{-1} của liên kết bên ngoài (external modes) có thể từ các nguyên tố phóng xạ; 438, 972 và đỉnh 1004 cm^{-1} của nối Si–O. Ngoài ra, đỉnh phổ 438 cm^{-1} dấu hiệu của các vi kết tinh trong cấu trúc tinh thể [20]. Đây là phổ Raman của zircon bị phóng xạ hóa của nhóm zircon cao [20].

Đặc điểm phổ hồng ngoại

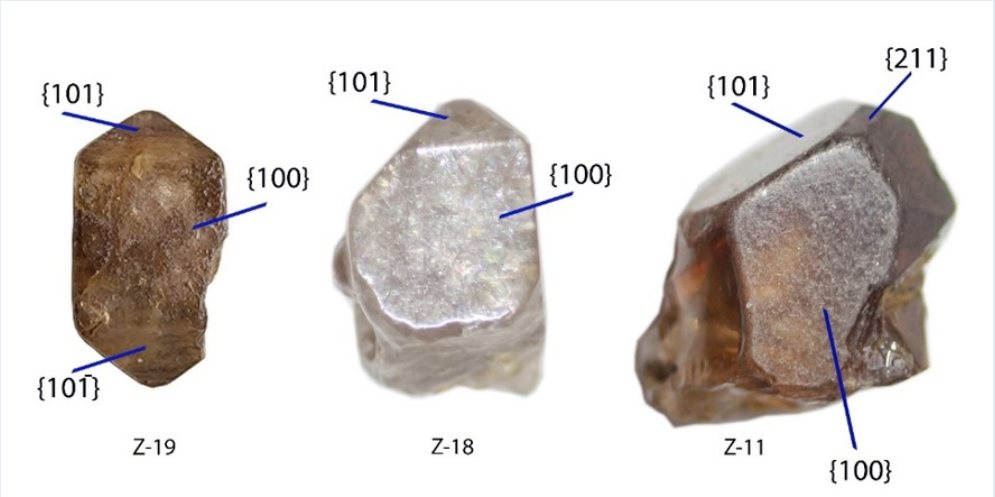
Phổ FTIR của zircon ĐNB (Hình 11) hiển thị các đỉnh phổ 448, 607, 898 cm^{-1}, và vùng hấp thu yếu từ 1200 đến 1800 cm^{-1} Các đỉnh phổ này đặc trưng cho liên kết SiO_4 trong cấu trúc tứ diện của zircon. Theo đó, hai đỉnh phổ 448, 607 cm^{-1} là của nối hóa trị O–Si–O và đỉnh phổ 898 cm^{-1} của nối hóa trị Si–O. Các nối cho thấy sự dịch chuyển của nhóm SiO_4 với xu hướng tách rời nguyên tử Zr và cũng thể hiện sự dịch chuyển của nguyên tử Zr [21]. Các đỉnh phổ yếu, vùng 1200–1800 cm^{-1} là của các nối hóa trị bên ngoài không rõ thành phần. Phổ zircon ĐNB rất đặc trưng cho sự phá hủy phóng xạ trong cấu trúc tinh thể [21].

Nguồn gốc và nhiệt độ thành tạo

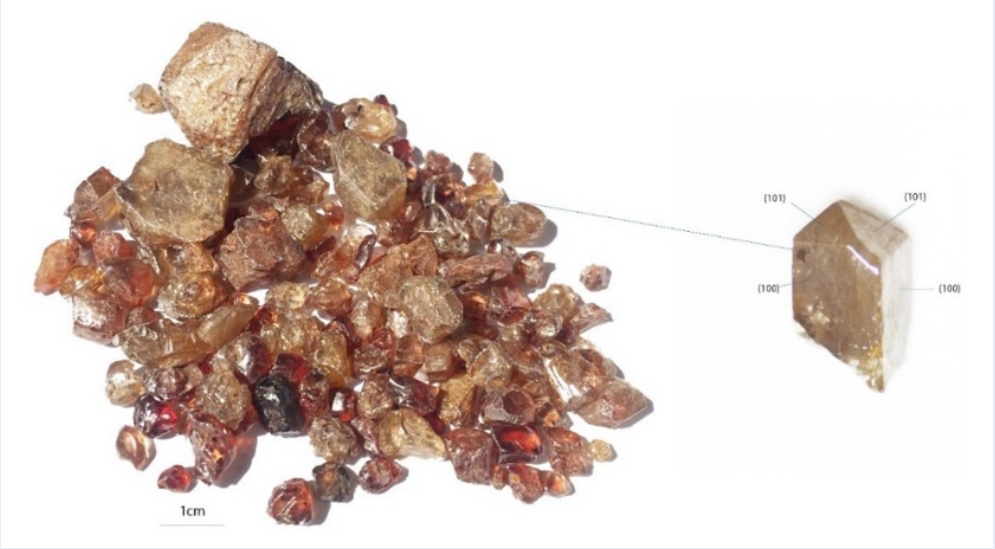
Zircon có ba nhóm nguồn gốc gồm: magma, biến chất và nhiệt dịch [2]. Ba nhóm nguồn gốc này có những sự khác biệt cơ bản về quá trình kết tinh nên hình thái và thành phần có sự khác biệt đặc trưng.

Mặc dù, hầu hết zircon ĐNB được tìm thấy trong sa khoáng, nhưng một số mẫu vẫn được còn trong basalt phong hóa chưa hoàn toàn (chuyển sang dạng bauxite) (Hình 12). Basalt chứa zircon này được xác định dưới kính hiển vi. Ngoài ra, vật liệu bở rời chứa zircon là lớp phủ phong hóa ngay bên trên basalt. Từ các đặc điểm ngày có thể khẳng định zircon ĐNB có nguồn gốc liên quan basalt. Cho đến thời điểm hiện tại các nghiên cứu chưa ghi nhận zircon kết tinh trực tiếp trong basalt. Các bằng chứng khoa học chỉ ra rằng zircon liên quan đến basalt đều có nguồn gốc khác và được basalt mang lên trong quá trình phun trào [5].

Do quá trình (điều kiện và môi trường) kết tinh của zircon magma, zircon biến chất, và nhiệt dịch cơ bản là khác nhau, nên hình thái của chúng cũng khác nhau. Dựa vào đặc điểm hình thái tinh thể Hoskin and Schaltegger năm 2003 [22] đã mô tả và đưa ra sự khác biệt giữa 3 nguồn gốc này. Theo đó, zircon có nguồn gốc magma thường có tinh thể tự hình đến bán tự hình (kiểu bốn phương), với các mặt thoi {100} và {101}, phần chóp có các mặt {211}, {101} và {301}. Tỷ lệ kích thước tinh thể thường là 1:2 hoặc 1:4. Các tinh thể lớn (có chất lượng đá quý) thường có nguồn gốc syenite và cộng sinh với sapphire khi chúng nằm trong basalt. Trong khi đó, zircon có nguồn gốc biến chất thường tha hình với các dạng tròn, hoặc bầu dục (hình trứng), do sự tái hấp thu bề mặt bão hòa. Trên bề mặt thường có dấu vết ăn mòn hóa học là vết khảm hoặc lỗ rỗng. Riêng zircon nhiệt dịch thì không phổ biến và ít được xem xét.



Hình 6: Hình dạng tinh thể zircon từ ĐNB với các kiểu đặc trưng trụ tứ diện chóp 2 đầu (trái), trụ tứ diện chóp một đầu (giữa) và trụ tứ diện với ở chóp có thêm mặt {211} (phải). Ảnh Lê Ngọc Năng, 2022.



Hình 7: Zircon thô ĐNB có hình dạng và kích thước đa dạng. Ảnh Lê Ngọc Năng, 2022.

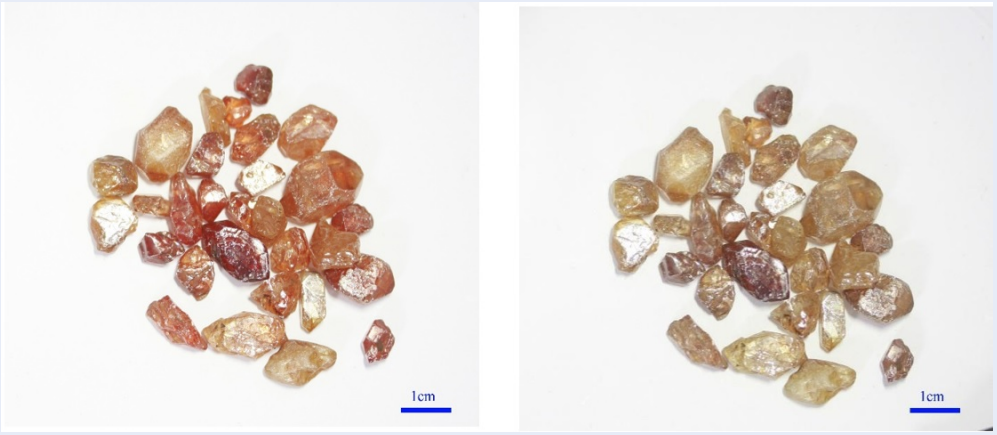
Hình thái tinh thể của zircon ĐNB được mô tả chi tiết ở mục đặc điểm hình thái cho thấy đây là kiểu hình thái đặc trưng phù hợp với nguồn gốc magma hơn là kiểu biến chất [22].

Cũng theo Hoskin and Schaltegger năm 2003 [22], tổng hợp các kết quả nghiên cứu về thành phần hóa học của zircon với nhiều nguồn gốc khác nhau. Trong đó cho thấy sự phân hóa rõ ràng hàm lượng HfO_2 của từng kiểu nguồn gốc zircon magma khác nhau (xem Bảng 3). Kết quả nay đưa đến cơ sở phân biệt các kiểu nguồn gốc khác nhau của zircon magma dựa trên hàm lượng HfO_2.

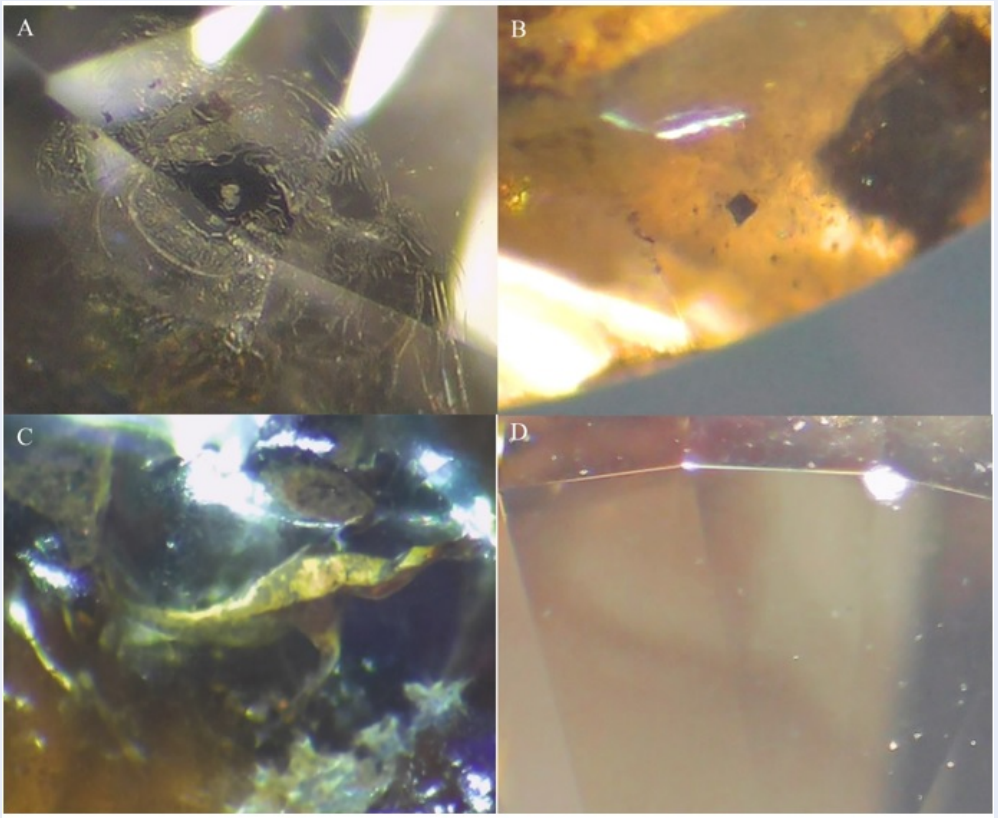
Phân tích 5 mẫu zircon vùng ĐNB, kết quả có hàm lượng HfO_2 từ 0,567 đến 0,898 % (ảng 1). Hàm lượng này tương ứng với zircon có nguồn gốc syenite nóng chảy [22].

Nhiệt độ thành tạo zircon được Siégel et al, 2018 [6] thiết lập dựa trên hàm lượng nguyên tố Ti thay thế cho nguyên tố zircon trong cấu trúc tứ diện của tinh thể gọi là nhiệt kế Ti theo công thức sau:

$$T_{(ZircTi)} = (5080/(6{,}01 - \log_{(Ti)} + \log(a_{TiO2})) - 273 \quad (a)$$



Hình 8: Hiệu ứng photochrome zircon ĐNB. Hình bên trái: Mẫu được đặt trong môi trường tối sau 21 giờ, Hình bên phải: Mẫu được đặt ở môi trường ánh sáng đèn daylight sau 30 phút. Ảnh Lê Ngọc Năng, 2024.

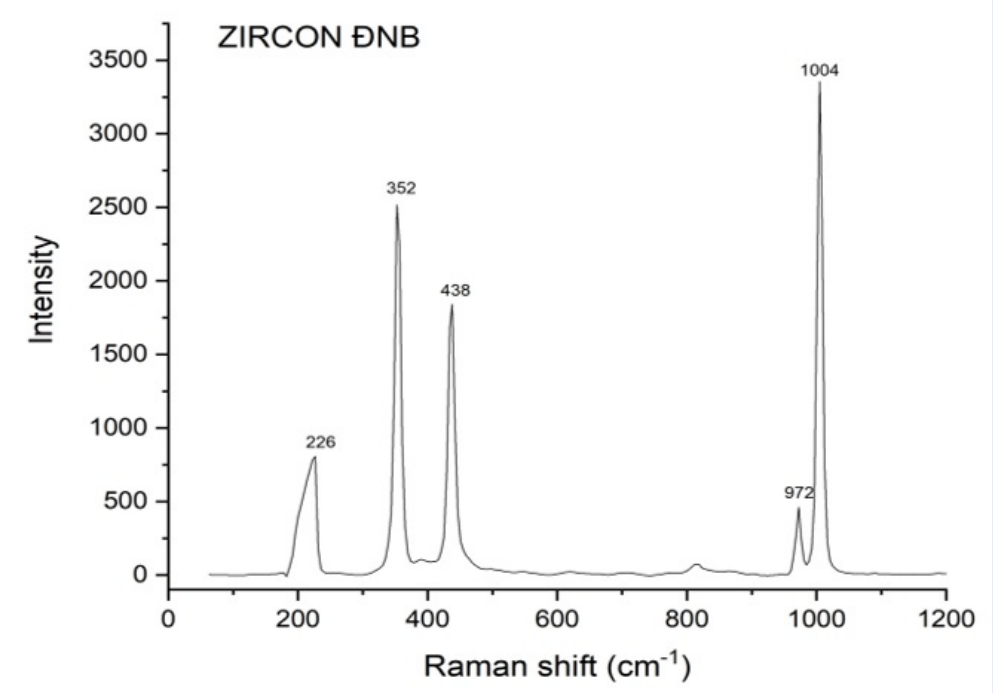


Hình 9: Đặc điểm bên trong của zircon ĐNB với bao thể vân tay (A), bao thể rắn (B), bao thể âm bị lấp đầy vật liệu trầm tích (C) và đới màu (D). Độ phóng đại chung cho tất cả các ảnh là 40X. Ảnh Lê Ngọc Năng.

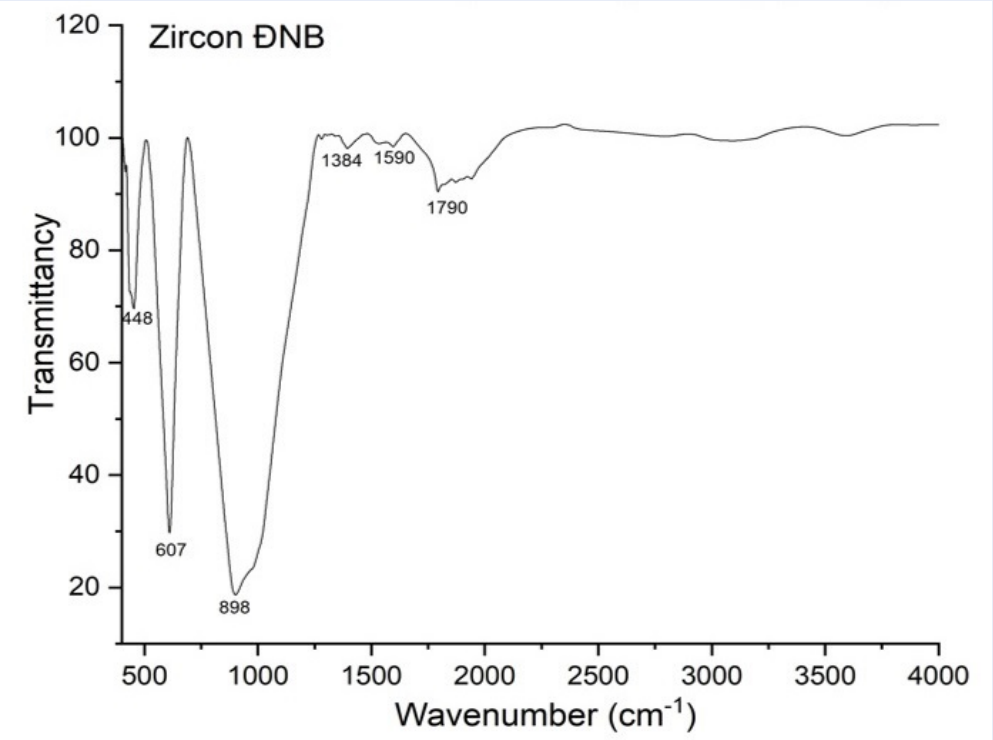
Bảng 2: Đặc điểm ngọc học cơ bản của zircon ĐNB

No.	Trọng lượng (ct)	Color(1)	Độ trong	SG	RI	UV (LW&SW)
Z1	4,02	Cam đỏ đậm	Trong suốt	4,68	-	trơ
Z2	2,98	Cam nâu	Trong suốt	4,66	-	Trung bình: cam vàng(2)
Z3	3,32	Cam phớt nâu nhạt	Trong suốt	4,69	-	Trơ
Z4	2,39	Gần không màu	Trong suốt	4,70	-	Trơ
Z5	1,25	Nâu phớt cam rất nhạt	Trong suốt	4,69	-	Trung bình: vàng(2)
Z6	3,78	Cam phớt nâu nhạt	Trong suốt	4,70	-	Trơ
Z7	4,08	Nâu phớt cam nhạt	Trong suốt	4,71	-	Trơ
Z8	6,16	Đỏ cam	Trong suốt	4,69	-	Trơ
Z9	16,03	Cam phớt nâu nhạt	Trong suốt	4,69	-	Trơ
Z10	26,90	Nâu phớt cam	Trong suốt	4,68	-	Trơ
Z11	26,77	Cam nâu nhạt	Trong suốt	4,71	-	Trơ
Z12	5,55	Cam nâu nhạt	Trong suốt	4,67	-	Trơ

(1) Màu sắc của các mẫu được quan sát và mô tả sau khi được để ngoài ánh sáng tự nhiên hai giờ
(2) Sóng ngắn



Hình 10: Phổ Raman zircon ĐNB hiển thị các đỉnh có cường độ mạnh ở vùng 200–1200 cm^{-1}.



Hình 11: Phổ FTIR của zircon Đông Nam Bộ

Hình 12: Các tinh thể zircon trong basalt phong hóa chưa hoàn toàn vùng ĐNB, một bằng chứng cho thấy zircon trong vùng có nguồn gốc liên quan basalt

Bảng 3: Hàm lượng HfO_2 của zircon có nguồn gốc khác nhau và của ĐNB

Vị trí	Kiểu nguồn gốc	HfO2	Tài liệu	HfO2 zircon ĐNB
Không rõ	Zircon thiên thạch	1,08−1,45%	Ireland and Wlotzka 1992 [23]	0,567 đến 0,898 %
Không rõ	lunar zircon	1,18%	Wopenka et al. 1996 [24]	
Phần Lan	carbonatite zircon	0,98%	Halden et al. 1993 [25]	
Trung Quốc	Diorite zicon	1−3%	Wang et al. 2002 [26]	
Chile	Diorite zircon	1,65%	Ballard et al. 2002 [27]	
Chile	granodiorite zircon	0,15%	Ballard et al. 2002 [27]	
California, Mỹ	granite zircon	1,78−3,17%	Wark and Miller 1993 [28]	
Cộng Hòa Séc	granite zircon	12,3%	Uher et al. 1998 [29]	
	Bishop Tuff zircon	1,04−1,29%		
California, Mỹ	aplitic zircon	5,17%	Wark and Miller 1993 [28]	
Slovakia	granitic pegmatite zircon	1−22%	Uher and Cerny 1998 [30]	
Brazil	granitic pegmatite zircon	0,89−0,95%	Halden et al. 1993 [25]	
Canada	syenite zircon	0,74−1,05%	Correria Neves et al. 1974 [31]	

Trong đó: $T_{(ZircTi)}$ là nhiệt độ kết tinh của zircon, đơn vị °C

Ti là hàm lượng nguyên tố tính theo đơn vị ppm

a_{TiO2} là phần trăm hàm lượng oxide

Dựa vào hàm lượng Ti trong ảng 1, và công thức (a), tính được nhiệt độ thành tạo của zircon ĐNB là 829,78−869,04°C (Bảng 4).

Như vậy từ đặc điểm tinh thể học, thành phần HfO_2, và nhiệt kế Ti có cơ sở chứng minh zircon ĐNB có liên quan đến basalt, nhưng không thành tạo từ basalt chứa chúng mà nguồn gốc ban đầu từ magma syenite nóng chảy với nhiệt độ thành tạo ban đầu từ 829,78–869,04°C được basalt dẫn lên bề mặt và phong hóa đi vào sa khoáng.

Tiềm năng đá quý

Các đặc điểm điểm chất lượng cơ bản (màu sắc, độ trong, độ sạch, ánh, dộ lớn tinh thể) cho thấy zircon ĐNB có chất lượng cao để làm đá quý trang sức với các kiểu chế tác phù hợp là mài giác và mài cabochon. Hiệu ứng đổi màu theo thời gian ở những môi trường khác nhau cũng là một đặc điểm thú vị thu hút sự quan tâm và làm tăng thêm giá trị thương mại.

Basalt hệ tầng Xuân Lộc có diện lộ khoảng hơn 1.000 km^2 trong vùng ĐNB, chiều dày từ 1-2 m đến hơn 100 m, lớp vỏ phong hóa từ 1−2 m đến hơn 30 m. Trong bài báo, việc khảo sát chỉ thực hiện nghiên cứu trên bề mặt, chưa tiến hành theo độ sâu, nhưng cơ bản thấy được sự có mặt khá phong phú của zircon trải đều ở hầu hết các điểm có điều kiện tích tụ phù hợp (phong hóa tại chỗ, lòng suối) cho thấy tiềm năng đáng quan tâm, khi hằng năm quá trình xói mòn liên tục làm lộ ra zircon có thể khai thác dễ dàng.

Mặc dù chưa được đánh giá tiềm năng khai thác công nghiệp, nhưng với những kết quả trình bày ở bài báo, cùng với sự việc các loại đá quý khác trong vùng như sapphire, garnet, peridot nâu, augite, feldspar đã đang được người dân địa phương khai thác thủ công [32], một hướng sử dụng cho khai thác du lịch địa chất rất đáng được quan tâm.

KẾT LUẬN

Bài báo trình bày việc nghiên cứu về zircon Đông Nam Bộ đã mang đến những kết quả quan trọng và đặc sắc về chất lượng đá quý của khoáng vật này, và đã có kết luận như sau: (a) Zircon ĐNB là sa khoáng được phong hóa từ basalt kiềm Kainozoi, chủ yếu tập trung ở sườn đồi và lòng suối; (b) Zircon ĐNB thể hiện chất lượng đá quý với màu sắc phức tạp, thay đổi dưới ảnh hưởng của môi trường và thời gian; các phổ Raman và FTIR chứng minh tính chất cao và sự phóng xạ hóa của zircon, với công thức hóa học $ZrSiO_4$; (c) Hàm lượng HfO_2 0,57–0,90%, cho thấy nguồn gốc từ syenite nóng chảy; nhiệt độ kết tinh được xác định từ 829,78 đến 869,04°C, dựa trên nhiệt kế Ti (ZircTi); (d) Phổ XRD xác định rằng zircon ĐNB có cấu trúc tinh thể hệ bốn phương và trùng khớp với mẫu chuẩn.

Bảng 4: Nhiệt độ kết tinh zircon ĐNB

Mẫu	Z1	Z3	Z8	Z10	Z18
Nhiệt độ (°C)	829,78	848,45	839,25	869,04	860,36

Những thông tin trên cung cấp cái nhìn tổng quan về đặc điểm ngọc học, nguồn gốc và tính chất tinh thể của zircon ĐNB, giúp bổ sung kiến thức trong lĩnh vực khoáng vật học và ngọc học.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh với mã đề tài C2022-18-31.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

ĐNB: Đông Nam Bộ
SG: Tỷ trọng
RI: Chiết suất
XRD: Phổ nhiễu xạ tia X
EDX: Phổ huỳnh quang tia X
FTIR: Phổ chuyển đổi hồng ngoại
UV: Đèn cực tím
LW: Sóng dài
SW: Sóng ngắn

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam kết không có xung đột lợi ích

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Lê Ngọc Năng: xây dựng ý tưởng khoa học, thực địa lấy mẫu, phân tích mẫu, viết bản thảo, chỉnh sửa/phản hồi phản biện, hoàn chỉnh bản thảo.
Nguyễn Thành Trí: thực địa lấy mẫu, gia công mẫu, chỉnh sửa bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Coenraads RR, Vichit P, Sutherland FL. An unusual sapphire-zircon-magnetite xenolith from the Chanthaburi Gem province, Thailand. Mineralogical Magazine. 1995; 59(396): 465-479;Available from: https://doi.org/10.1180/minmag.1995.059.396.08.
2. Hollis JD, Sutherland FL. Occurrences and Origins of Gem Zircons in Eastern Australia. Records of the Australian Museum. 1985; 36: 299-311. DOI:10.3853/j.0067-1975.36.1985.349;Available from: https://doi.org/10.3853/j.0067-1975.36.1985.349.
3. Pack B, Schmitt AK, Roberge J, Tenorio FG, Damiata BN. Zircon xenocryst resorption and magmatic regrowth at El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2016; 311(4): 170-182;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.01.011.
4. Vuong BTS, Osanai Y, Lenz C, Nakano N, Adachi T, Belousova E, et al. Gem-Quality Zircon Megacrysts from Placer Deposits in the Central Highlands, Vietnam-Potential Source and Links to Cenozoic Alkali Basalts. Minerals. 2019; 9: 89;Available from: https://doi.org/10.3390/min9020089.
5. Hinton RW, Upton BGJ. The chemistry of zircon: variations within and between large crystals from syenite and alkali basalt xenoliths. Geochim. Cosmochim. 1991; Acta 55(11): 3287-3302;Available from: https://doi.org/10.1016/0016-7037(91)90489-R.
6. Siégel C, Bryan SE, Allen CM, Gust DA. Use and abuse of zircon-based thermometers: A critical review and a recommended approach to identify antecrystic zircons. Earth-Science Reviews. 2018; 176: 87-116;Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.08.011.
7. Huong LTT, Häger T, Hofmeister W, Hauzenberger C, Schwarz D, Long PV, et al. Gemstones from Vietnam: an update. Gems & Gemology. 2012; 48(3): 158-176;Available from: http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.48.3.158.
8. Huong LTT, Vuong BS, Thuyet NTM, Khoi NNG, Satitkune S, Wanthanachaisaeng B, et al. Geology, Gemmological Properties and Preliminary Heat Treatment of Gem-Quality Zircon from the Central Highlands of Vietnam. The Journal of Gemmology. 2017; 35(4): 308-318;Available from: https://doi.org/10.15506/JoG.2016.35.4.308.
9. Izokh AE, Smirnov SZ, Egorova VV, Anh TT, Kovyazin SV, Phuong NT, et al. The conditions of formation of sapphire and zircon in the areas of alkali-basaltoid volcanism in Central Vietnam. Russian Geology and Geophysics. 2010; 51(7): 719-733;Available from: https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.06.001.
10. Carter A, Roques A, Bristow, Kinny P. Understanding Mesozoic accretion in southeast Asia: significance of Triassic thermotectonism (Indosinian orogeny) in Vietnam. Geology. 2001; 29(3): 211-214;Available from: https://doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029<0211:UMAISA>2.0.CO;2.
11. Lepvrier C, Vuong NV, Maluski H, Thi PT, Vu TV. Indosinian tectonics in Vietnam. Comptes Rendus Geoscience. 2008; 340(3): 94-111;Available from: https://doi.org/10.1016/j.crte.2007.10.005.
12. Clift PD, Carter A, Krol M, Kirby E. Constraints of India-Eurasia collision in the Arabian Sea region taken from the Indus Group, Ladakh Himalaya, India. The Tectonic and Climatic Evolution of the Arabian Sea Region. Geological Society London Special Publications. 2002; 195(1): 97-116;Available from: https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.195.01.07.
13. Leech ML, Singh S, Jain AK, Klemperer SL, Manickavasagam RM. The onset of India-Asia continental collision: Early, steep subduction required by the timing of UHP metamorphism in the western Himalaya. Earth and Planetary Science Letters. 2005; 234(1-2): 83-97;Available from: https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.02.038.
14. Barr S, MacDonald A. Geochemistry and geochronology of late Cenozoic basalts of Southeast Asia. Geological Society of America Bulletin. 1981; 92(8 part 2): 1069-1142;Available from: https://doi.org/10.1130/GSAB-P2-92-1069.
15. Rangin C, Klein M, Rogues D, Le Pichon X, Vantrong L. The Red River Fault system in the Tonkin gulf, Vietnam. Tectonophysics. 1995; 243(3-4): 209-222;Available from: https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)00207-P.
16. Hoang N, Flower MF, Carlson RW. Major, trace element, and isotopic compositions of Vietnamese basalts: interaction of hydrous EM1-rich asthenosphere with thinned Eurasian lithosphere. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1996; 60(22): 4329-4351;Available from: https://doi.org/10.1016/S0016-7037(96)00247-5.
17. Blumentritt F, Frisch E. Photochromism and photochromic gems: a review and some new data. The Journal of Gemmology. 2021; 37(8): 780-800;Available from: https://doi.org/10.15506/JoG.2021.37.8.780.
18. Nang LN, Tien PM. Photochromic zircon from Dong Nai, Vietnam. The Journal of Gemmology. 2021; 37(8): 777-778 ;Available from: https://doi.org/10.15506/JoG.2021.37.8.777.

19. Liddicoat RT Jr. Handbook of Gem Identification. Gemological Institute of America, Santa Monica, California, USA. 1993; 5: 211-213;.
20. Zhang M, Salje EKH, Farnan I, Graeme-Barber A, Daniel P, Ewing RC, et al. Metamictization of zircon: Raman spectroscopic study. J. Phys.: Condens. Matter. 2000; 12: 1915-1925;Available from: https://doi.org/10.1088/0953-8984/12/8/333.
21. Zhang M, Salje EKH. Infrared spectroscopic analysis of zircon: Radiation damage and the metamict state. J. Phys.: Condens. Matter. 2001; 13(13): 3057-3071;Available from: https://doi.org/10.1088/0953-8984/13/13/317.
22. Hoskin PWO, Schaltegger U. The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis. Mineralogy and Geochemistry. 2003; 53(1): 27-62;Available from: https://doi.org/10.2113/0530027.
23. Ireland TR, Wlotzka F. The oldest zircons in the solar system. Earth Planet Sci Lett. 1992; 109(1-2): 1-10;Available from: https://doi.org/10.1016/0012-821X(92)90069-8.
24. Wopenka B, Jolliff BL, Zinner E, Kremser DT. Trace element zoning and incipient metamictization in a lunar zircon: application of three microprobe techniques. Am Mineral. 1996; 81(7-8): 902-912;Available from: https://doi.org/10.2138/am-1996-7-813.
25. Halden NM, Hawthorne FC. The fractal geometry of oscillatory zoning in crystals: application to zircon. Am Mineral. 1993; 78(9-10): 1113-1116;.
26. Wang X, Griffin WL, O'Reilly SY, Zhou XM, Xu XS, Jackson SE, et al. Morphology and geochemistry of zircons from late Mesozoic igneous complexes in coastal SE China: implications for petrogenesis. Mineral Mag. 2002; 66(2): 235-251;Available from: https://doi.org/10.1180/0026461026620025.
27. Ballard JR, Palin JM, Campbell IH. Relative oxidation states of magmas inferred from Ce(IV)/Ce(III) in zircon: application to porphyry copper deposits of northern Chile. Contrib Mineral Petrol. 2002; 144(3): 347-364;Available from: https://doi.org/10.1007/s00410-002-0402-5.
28. Wark DA, Miller CF. Accessory mineral behavior during differentiation of a granite suite: monazite, xenotime and zircon in the Sweetwater Wash pluton, southeastern California, U.S.A. Chem Geol. 1993; 110(1-3): 49-67;Available from: https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90247-G.
29. Uher P, Cerny P. Zircon in Hercynian granitic pegmatites of the western Carpathians, Slovakia. Geologica Carpathica. 1998; 49(4): 261-270;Available from: https://doi.org/10.1007/BF01162577.
30. Uher P, Breiter K, Klečka M, Pivec E. Zircon in highly evolved Hercynian Homolka Granite, Moldanubian Zone, Czech Republic: indicator of magma source and petrogenesis. Geologica Carpathica. 1998; 49(3): 151-160;.
31. Correia Neves JM, Nunes JEL, Sahama ThG. High hafnium members of the zircon-hafnon series from the granite pegmatites of Zambézia, Mozambique. Contrib Mineral Petrol. 1974; 48: 73-80;Available from: https://doi.org/10.1007/BF00399111.
32. Nang LN, Tien PM, Man HNT. Mining Basalt-Related Gems in Southeast Vietnam. Gems & Gemology. 2023; 59(3): 399-401;Available from: https://doi.org/10.5741/GEMS.59.2.182.

Science & Technology Development Journal – Natural Sciences 2024, 8(1): 2806-2819

Open Access Full Text Article

Research Article

Characteristics of Zircon gems related to Basalt in the Southeastern Vietnam

Le Ngoc Nang[1,2,3,*], Nguyen Thanh Tri[4]

ABSTRACT

This paper presented the on gem–quality zircon found in the southeast, Vietnam which related Cenozoic alkaline basalt and deposited on hillsides or stream beds as placers. Zircon samples in this area is mainly brown, orange, gray and colorless; transparent and diamond luster. In addition, they mostly have the effect of changing color under different light and often have the shape of 4-sided cylinders, typical of the tetragonal crystal type. The standard gemological characteristics such as refractive index, specific gravity, absorption spectrum, optic characteristic and ultraviolet fluorescence (long wave and short wave) confirmed the studied samples belonged to the zircon mineral group. Notably, the refractive index could not be measured by the refractometer and the high specific gravity (from 4.66 to 4.71) indicating that this belonged to a high zircon. The X-ray diffraction analysis determined a tetragonal crystallization and with the chemical formula $ZrSiO_4$. The Raman spectrum with peaks at 226, 352, 438, 972 and 1004 cm^{-1} and the FTIR spectrum with peaks at 448, 607 and 898 cm^{-1} showed that the studied zircon was radioactive. The HfO_2 content and Ti— thermometer showed that the studied zircon originated from the molten syenite with the crystallized temperature of 829.78—869.04°C. The result showed that the basalt in the southeastern Vietnam, an area of more than 1.000 km^2 with the depths varying from 1 to more than 100 m, weathered crust from 1 m to more than 30 m, would be a potential source of gem–quality zircon for jewelry gemstone.

Key words: zircon, basalt, southeast, gemstone

[1]*Faculty of Geology, University of Science Ho Chi Minh City, Vietnam*

[2]*Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam;*

[3]*Liu Gemological Research and Application center, Vietnam;*

[4]*The Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources, Vietnam*

Correspondence

Le Ngoc Nang, Faculty of Geology, University of Science Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam;

Liu Gemological Research and Application center, Vietnam;

Email: nang@liulab.edu.vn

History

- Received: 09-06-2023
- Accepted: 21-3-2024
- Published Online: 31-3-2024

DOI : https://doi.org/10.32508/stdjns.v8i1.1295

Check for updates

Cite this article : Nang L N, Tri N T. **Characteristics of Zircon gems related to Basalt in the Southeastern Vietnam**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2024, 8(1): 2806-2819.