

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN**

ĐỖ ĐỨC NGUYÊN

**ĐẶC ĐIỂM TÍNH CHUYÊN HÓA SINH KHOÁNG VÀ MỨC ĐỘ BÓC
MÒN GRANITOID KHỐI NGỌC TỤ, KON TUM**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT

HÀ NỘI – NĂM 2024

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN

ĐỖ ĐỨC NGUYÊN

**ĐẶC ĐIỂM TÍNH CHUYÊN HÓA SINH KHOÁNG VÀ MỨC ĐỘ BỐC
MÒN GRANTOID KHỐI NGỌC TỤ, KON TUM**

Chuyên ngành: **Địa chất học**

Mã số chuyên ngành: **9440201**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT

TẬP THỂ CÁN BỘ KHOA HỌC HƯỚNG DẪN

XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO

1.TS. Mai Trọng Tú

KT. VIỆN TRƯỞNG

PHÓ VIỆN TRƯỞNG



Handwritten signature of Mai Trọng Tú

2.TS. Trịnh Xuân Hòa

Handwritten signature of Trịnh Xuân Hòa

Quách Đức Tín

HÀ NỘI – NĂM 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, các số liệu là trung thực và các kết quả trình bày trong luận án chưa được ai công bố trong công trình nào.

Hà Nội, ngày 16 tháng 9 năm 2024

Tác giả



Đỗ Đức Nguyên

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
MỤC LỤC.....	ii
DANH MỤC BẢNG.....	iv
DANH MỤC HÌNH	vi
DANH MỤC ẢNH	viii
MỞ ĐẦU.....	1
1. Mục tiêu của luận án.....	2
2. Nhiệm vụ của luận án	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	2
4. Các điểm mới của luận án.....	2
5. Các luận điểm bảo vệ.....	2
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn	3
7. Cơ sở tài liệu.....	3
8. Cấu trúc của luận án	4
CHƯƠNG 1. KHÁI QUÁT VỀ ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN KHU VỰC NGỌC TỤ, KON TUM.....	6
1.1. Khái quát về lịch sử nghiên cứu	6
1.2. Đặc điểm địa chất và khoáng sản khu vực Ngọc Tụ.	11
1.2.1. Địa tầng.....	11
1.2.2. Magma.....	12
1.2.3. Kiến tạo	30
1.2.4. Khoáng sản.....	31
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	35
2.1. Cơ sở lý luận.....	35
2.1.1. Tính chuyên hóa địa hóa và chuyên hóa sinh khoáng	35
2.1.2. Nghiên cứu mức độ bóc mòn granitoid.....	43
2.2. Phương pháp nghiên cứu	48
2.2.1. Tổng hợp, phân tích, hệ thống hóa các tài liệu.....	49
2.2.2. Khảo sát thực địa, lấy các loại mẫu phân tích.....	49
2.2.3. Hệ phương pháp phân tích.....	53
2.2.4. Hệ phương pháp nghiên cứu tính chuyên hóa sinh khoáng và mức độ bóc mòn.....	54
2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu, luận giải kết quả.....	55
CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ TÍNH CHUYÊN SINH KHOÁNG CỦA GRANITOID KHỐI NGỌC TỤ, KON TUM	70
3.1. Tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ trên cơ sở nghiên cứu chuyên hóa địa hóa	70

3.2. Tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ trên cơ sở nghiên cứu các modul thạch hóa, kiểu magma, bối cảnh kiến tạo magma	74
3.3. Tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ trên cơ sở nghiên cứu đặc tính oxy hóa - khử của magma.....	80
3.4. Đặc điểm khoáng hóa liên quan đến granitoid khối Ngọc Tụ.....	86
3.4.1. Điểm khoáng hóa molipdenit tại mỏ đá Ngọc Tụ	86
3.4.2. Điểm khoáng hóa molipdenit tại Đăk Mạnh	92
3.4.3. Mối quan hệ giữa khoáng hóa molipdenit và granitoid Ngọc Tụ.....	100
3.5. Nguồn nhiệt và tổng khối lượng magma có khả năng tạo mỏ dự kiến.....	102
CHƯƠNG 4. ĐẶC ĐIỂM MỨC ĐỘ BỐC MÒN GRANITOID KHỐI NGỌC TỤ, KON TUM.....	104
4.1. Đặc điểm kiến trúc cấu tạo đá và biến thiên hàm lượng khoáng vật theo các mức độ cao	104
4.2. Đặc điểm đá biến đổi khối granitoid Ngọc Tụ	108
4.3. Đặc điểm hệ số thạch hóa và phân bố hàm lượng nguyên tố theo độ cao.....	111
KẾT LUẬN	119
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	121
CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ.....	125
PHỤ LỤC.....	126

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: Thành phần nguyên tố chính (%tl) granitoid khối Ngọc Tụ	24
Bảng 1.2: Các tham số so sánh nhóm nguyên tố hiếm-vết (ppm) trong granitoid khối Ngọc Tụ.....	26
Bảng 1.3: Các tham số so sánh nhóm nguyên tố đất hiếm (ppm) trong granitoid khối Ngọc Tụ.....	27
Bảng 2.1: Trị số clark các nguyên tố hóa học (theo A.A. Golovin, 2000).	36
Bảng 2.2: Tiềm năng sinh khoáng kim loại hiếm granitoid theo Karaeva Z.G.[40]	38
Bảng 2.3: Thông số modul thạch hóa của granitoid vùng Zabaical, LB Nga (Permiakov B.N., 1986)	39
Bảng 2.4: Tiêu chuẩn loạt magnetit-granit (kiểu MT) và ilmenit -granit (kiểu IL) theo trạng thái oxy hóa - khử (Ishihara, 1977)[26]	40
Bảng 2.5: Tiêu chí xác định tính chuyên hóa sinh khoáng và dự báo tiềm năng khoáng sản liên quan khối granitoid Ngọc Tụ	42
Bảng 2.6: Tỷ số nguyên tố chỉ thị tương của granitoid theo Amshinsky N.N. (1973)	46
Bảng 2.7: Tỷ số nguyên tố chỉ thị mức độ bóc mòn granitoid theo Amshinsky N.N. (1973)	46
Bảng 2.8: Tiêu chí đánh giá mức độ bóc mòn khối granitoid.....	48
Bảng 2.9: Bảng tập mẫu granit porphyr khối granitoid Ngọc Tụ, Kon Tum.....	56
Bảng 2.10: Bảng tính toán tần suất và quy luật phân bố cho nguyên tố Mo.	58
Bảng 2.11: Bảng tính toán tần suất và quy luật phân bố cho nguyên tố Sn.....	59
Bảng 2.12: Bảng tính toán tần suất và quy luật phân bố cho nguyên tố W.	59
Bảng 2.13: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố U	60
Bảng 2.14: Luật phân bố nguyên tố Mo, Sn, W, U trong granit porphyr	62
Bảng 2.15: Bảng tập mẫu granit hạt trung- nhỏ khối granitoid Ngọc Tụ, Kon Tum	63
Bảng 2.16: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Mo	65
Bảng 2.17: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Sn.....	66
Bảng 2.20. Luật phân bố nguyên tố Mo, Sn, W, U trong granit hạt trung-nhỏ	69
Bảng 3.1: Tham số địa hóa các nguyên tố trong granit porphyr (n -25 mẫu).....	70
Bảng 3.2: Tham số địa hóa các nguyên tố trong granit hạt trung - nhỏ (n-20 mẫu).72	72
Bảng 3.3: Giá trị tính toán các modul thạch hóa cho granitoid khối Ngọc Tụ	74
Bảng 3.4: Giá trị modul thạch hóa của granitoid khối Ngọc Tụ đối sánh với nhóm đá granitoid vùng Zabaical, LB Nga.....	76
Bảng 3.5: Bảng các thông số nguyên tố chính (%tl) và vi lượng (ppm) trong granitoid khối Ngọc Tụ	79
Bảng 3.6: Kết quả phân tích mẫu giã đỏi trong granitoid khối Ngọc Tụ.....	80
Bảng 3.7: Tỷ số Fe ₂ O ₃ /FeO trong granitoid khối Ngọc Tụ	81

Bảng 3.8: Thành phần khoáng vật trong đới khoáng hóa molipdenit theo các khe nứt dạng mạng mạch trong granitoid khu vực Ngọc Tụ [9].....	87
Bảng 3.9: Thứ tự thành tạo khoáng vật tại điểm khoáng hóa molipden trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (Nguyễn Văn Niệm và nnk, 2014, 2018)	88
Bảng 3.10: Thành phần nguyên tố trong mạch khoáng hóa molipdenit trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (%tl)	88
Bảng 3.11: Thành phần đơn khoáng molipdenit trên nền thạch anh điểm khoáng hóa molipdenit trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (%tl)	91
Bảng 3.12: Kết quả phân tích HTNT, phổ Plasma ICP khu mỏ đá Ngọc Tụ [2].....	91
Bảng 3.13: Kết quả phân tích HTNT, phổ Plasma ICP điểm 4119 khu Đak Dé.....	93
Bảng 3.14: Thành phần khoáng vật trong đới khoáng hóa molipdenit theo các khe nứt dạng mạng mạch trong granitoid khu vực Ngọc Tụ[9]	95
Bảng 3.15: Thứ tự thành tạo khoáng vật quặng dạng mạch thạch anh - molipdenit khu vực Đăk Mạnh (xã Đăk Rơ Nga) và Đăk Rơ Sa (Ngọc Tụ) [9]	95
Bảng 3.16: Thành phần hóa mạch khoáng hóa molipdenit trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (%tl)	98
Bảng 3.17: Thành phần khoáng vật trong đới biến đổi cạnh mạch thạch anh – molipdenit.....	99
Bảng 3.18: Thành phần đơn khoáng molipdenit (%tl) ở đới khoáng hóa chứa molipden trong granitoid khối Ngọc Tụ	99
Bảng 3.19: Thành phần đơn khoáng molipdenit (%tl) ở đới khoáng hóa molipden granitoid khối Ngọc Tụ	99
Bảng 3.20: Bảng tổng hợp kết quả phân tích mẫu hoá xạ.....	100
Bảng 3.21: Thành phần đồng vị oxy trong quặng molipdenit Ngọc Tụ	100
Bảng 4.1: Thành phần khoáng vật chính của đá theo các mức độ cao của khối.....	108
Bảng 4.2: Thành phần khoáng vật phụ của đá theo các mức độ cao của khối	108
Bảng 4.3: Hàm lượng trung bình (%tl) các nguyên tố tạo đá của granitoid khối Ngọc Tụ theo các mức độ cao của khối.....	111
Bảng 4.4: Đặc trưng số theo Zavarishky và hệ số phân đới thạch hóa theo chiều đứng của granitoid khối Ngọc Tụ	113
Bảng 4.5: Thông số địa hóa và gradient các nguyên tố vi lượng (ppm) theo các mức độ cao của granitoid khối Ngọc Tụ.....	114
Bảng 4.6: Các tham số địa hóa nhóm nguyên tố tạo quặng (ppm) và gradien địa hoá của chúng theo các mức độ cao của granitoid khối Ngọc Tụ	115
Bảng 4.7: Tỷ số nguyên tố chỉ thị cho tương thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ theo Amshinsky N.N. (1973)	117
Bảng 4.8: Tỷ số nguyên tố chỉ thị mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ theo Amshinsky N.N. (1973)	117

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1: Sơ đồ vị trí phân bố granitoid khối Ngọc Tụ trên bình đồ cấu trúc khu vực [33]	9
Hình 1.2: Sơ đồ địa chất khu vực Ngọc Tụ, Đăk Tô, Kon Tum [6]	10
Hình 1.3: Sơ đồ cấu trúc thạch học khối granitoid Ngọc Tụ	15
Hình 1.4: Biểu đồ phân loại granitoid khối Ngọc Tụ theo Cox (1979)	23
Hình 1.5: Phân loại granitoid khối Ngọc Tụ theo Tuttle và Bowen (1958).....	23
Hình 1.6: Biểu đồ phân chia loạt granitoid khối Ngọc Tụ theo Le Maitre (1989) ...	23
Hình 1.7: Phân loại granitoid Ngọc Tụ theo Chappel và White (1974)	23
Hình 1.8: Biểu đồ đất hiếm chuẩn hóa theo Chondrite (a) và đa nguyên tố chuẩn hóa theo Manti nguyên thủy (b) của granitoid khối Ngọc Tụ	28
Hình 1.9: Biểu đồ phân chia bối cảnh kiến tạo granitoid (Pearce, 1984)	29
Hình 1.10: Biểu đồ phân chia bối cảnh kiến tạo Bachelor Bowden, 1985	29
Hình 2.1: Mô hình mặt cắt các mức bóc mòn của thể xâm nhập granitoid	43
Hình 2.2: Sơ đồ khoáng vật địa hóa theo chiều dọc phân vùng albit-greisen.....	46
theo V I. Sinykov [48].....	46
Hình 2.3: Sơ đồ vị trí lấy mẫu khối granitoid Ngọc Tụ	50
Hình 2.4: Mặt cắt địa hình granitoid khối Ngọc Tụ.....	51
Hình 2.5: Sơ đồ phân tập mẫu granit porphyr theo 3 mức độ cao của khối granitoid	53
Hình 2.6: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Mo. .58	58
Hình 2.7: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố Mo.....	58
Hình 2.8: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Sn. .59	59
Hình 2.9: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố W. ...60	60
Hình 2.10: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố W.....	60
Hình 2.11: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố U...61	61
Hình 2.12: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố U.	61
Hình 2.13: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Mo 65	65
Hình 2.14: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố Mo.....	66
Hình 2.15: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Sn..66	66
Hình 2.16: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố W ..67	67
Hình 2.17: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố W.....	67
Hình 2.18: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố U...68	68
Hình 2.19: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố U	68
Hình 3.1: Biểu đồ Dendrogram khoảng cách (d) các nguyên tố trong granit porphyr.71	71
Hình 3.2: Biểu đồ Dendrogram khoảng cách (d) các nguyên tố trong granit hạt trung - nhỏ	73

Hình 3.3: Biến thiên hệ số tập trung của các nguyên tố hóa học trong granit porphyr và granit hạt trung - nhỏ khối Ngọc Tụ.....	73
Hình 3.4: Biểu đồ sinh khoáng granitoid khối Ngọc Tụ theo Le Maitre (1989) và Meinert (1995)	77
Hình 3.5: Biểu đồ sinh khoáng granitoid khối Ngọc Tụ theo Pearce (1984) và Meinert (1995)	77
Hình 3.6: Biểu đồ sinh khoáng theo Meinert (1995) cho granitoid khối Ngọc Tụ...77	
Hình 3.7: Biểu đồ sinh khoáng granitoid theo Ryan D. Taylor (2010)	78
Hình 3.8: Biểu đồ sinh khoáng granitoid theo V.T. Pokalov (1973).....	78
Hình 3.9: Biểu đồ sinh khoáng granitoid theo Blevin. P.L, (2004); theo độ oxy hóa khử và theo độ phân dị	78
Hình 3.10: Biểu đồ phân chia các loại ilmenit và magnetit các đá granitoid khối Ngọc Tụ theo Tsuesue và Ishihara (1972)	80
Hình 3.11: Biểu đồ trạng thái oxy hóa - khử theo Blevin. P.L, (2004).....	81
Hình 3.12: Biểu đồ phân bố nhóm nguyên tố đất hiếm	82
Hình 3.13: Hai kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ chứa bao thể nguyên sinh: 1 – Kiểu granit giàu biotit; 2 – kiểu granit porphyr ban tinh lớn; 3 – granit hạt trung – nhỏ chứa mạch fluorit;	83
Hình 3.14: Phổ Raman xác định thành phần bao thể nguyên sinh trong khoáng vật thạch anh chứa CO ₂ các kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ.	85
Hình 3.15: Phổ Raman xác định thành phần bao thể nguyên sinh trong khoáng vật thạch anh chứa H ₂ O ở thể lỏng của các kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ.	85
Hình 3.16: Dải phổ bao thể nguyên sinh fluorapatite (Ca ₅ (PO ₄) ₃ F được bao quanh bởi tinh thể thạch anh của các kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ.....	85
Hình 3.18: Phổ các nguyên tố trong khoáng vật đorit đá biến đổi gần mạch quặng thạch anh - molipdenit khu vực xã Đăk Rơ Nga và vị trí phân tích trên khoáng vật.....	98
Hình 3.19: Biểu đồ phân bố đất hiếm của đorit quặng thạch anh - molipdenit so với đá granit hạt trung - nhỏ và granit porphyr hạt lớn khối Ngọc Tụ.....	101
Hình 4.1: Mặt cắt phân bố các mẫu địa hóa đá gốc trên granitoid khối Ngọc Tụ ..	104
Hình 4.2: Theo sơ đồ đá biến chất albit-greisen đánh giá mức độ bóc mòn cho granitoid Ngọc Tụ.	111
Hình 4.3: Biến thiên hàm lượng (%tl) các nguyên tố theo độ cao.....	113
Hình 4.4: Phân loại nguyên tố hóa học theo tính chất phân bố hàm lượng đi của chúng trong granitoid Ngọc Tụ (Amshinsky, 1978)	116
Hình 4.5: Mô hình bóc mòn địa chất granitoid (A- mô hình theo lý thuyết; B- mô hình dự kiến granitoid khối Ngọc Tụ).....	118

DANH MỤC ẢNH

Ảnh 1.1: Granit porphyr tại mỏ khai thác granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum (NT2302) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).....	16
Ảnh 1.2: Granit porphyr tại suối Đắc Rơ Sa, Ngọc Tụ (NT2109)	16
Ảnh 1.3: Ranh giới của granit hạt trung - nhỏ chuyển tiếp với granit porphyr. (NT2110) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).....	16
Ảnh 1.4: Granit porphyr với ban tinh hạt lớn. (NT2334)	16
Ảnh 1.5: Granit hạt trung - nhỏ (I) và granit porphyr (II): or, pl, bt, qu (Mẫu LM2101/1) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)	18
Ảnh 1.6: Granit porphyr. fk, pl, mc, q. (Mẫu LM 2101/3)	18
Ảnh 1.7: Plagiocla phân đới trong granit porphyr. pl, bt (Mẫu LM 2105).....	18
Ảnh 1.8: Granit porphyr khối Ngọc Tụ. fk, pl, mc, bt, q, qu. (Mẫu LM2109).....	18
Ảnh 1.9: Granit hạt trung- nhỏ. fk; pl; mc; bt; q. (Mẫu LM 2334).....	18
Ảnh 1.10: Granit hạt trung- nhỏ. pl; mc; bt; q. (Mẫu LM 2334/1)	18
Ảnh 1.11: Đới biến đổi greisen hóa trong granit porphyr (NT2323).....	21
Ảnh 1.12: Biến đổi greisen hóa trong granit porphyr khu vực mỏ đá Ngọc Tụ (NT2325) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).....	21
Ảnh 1.13: Các khoáng vật trong đới biến đổi granitoid khối Ngọc Tụ	21
Ảnh 1.14: Hiện tượng phân đới trong khối granit khu vực chứa khoáng hóa molipden và hệ thống khe nứt phương vị 250 - 260 \angle 55- 75 cùng các đới greisen hóa	22
Ảnh 1.15: Đá granit phần hạt nhỏ (diện đặt bút chì trên Ảnh 3. 14 – phần b). 2Nicon. Fk - feldspat, pl - plagioclas, bt - biotit, mc - muscovit, q - thạch anh	22
Ảnh 3.1: Molipdenit rìa mạch greisen yếu bị chùng bởi sericit hóa, chlorit hóa (NT2303).....	89
Ảnh 3.2: Molipdenit hạt trung - nhỏ xâm tán trong vi khe nứt của đá granit bị biến đổi sericit hóa, ít muscovit hóa; (NT2303/2) (Ảnh Đỗ Đức Nguyên, 2017)	89
Ảnh 3.3: Molipdenit xâm tán trong đá granit porphyr khu vực mỏ đá Ngọc Tụ.....	89
Ảnh 3.4: Bao thể bismut tự sinh trong galenobismutin (Mẫu KT2303/2). Nicol (-) 500x. Chp, Bi, Gb.	90
Ảnh 3.5: Galenobismutin và chalcopyrit gặm mòn pyrit (Mẫu KT2303/2). Nicol (-) 100x. Chp, Gb, Py	90
Ảnh 3.6: Ilmenit dạng que trong đới biến đổi chứa các hạt hematit (Mẫu KT2304. Nicol (-)100x.....	90
Ảnh 3.7: Pyrotin trong nền đá granit bị biến đổi.	90
Ảnh 3.8: Molipdenit xâm tán trong nền đá biến đổi (Mẫu KT2303/2). Nicol (-)100x	90
Ảnh 3.9: Bao thể lỏng - khí, hình tròn, ovan, nhiều cạnh. Thành phần các pha: lỏng 80-90%, khí 10 - 20%. Nhiệt độ đồng hoá: 200 - 250°C[9].	92

Ảnh 3.10: Bao thể lỏng - khí, hình tròn, ovan, nhiều cạnh. Thành phần các pha: 70 - 75% lỏng, 25 - 30% khí. Nhiệt độ đồng hoá khoảng: 275°C[9]	92
Ảnh 3.11: Hệ thống khe nứt chứa mạch thạch anh - molipdenit xuyên cắt đá granit porphyr khu vực Ngọc Tụ. (NT2305)	96
Ảnh 3.12: Các khoáng vật quặng trong mạch thạch anh - molipdenit (KT2305).....	97
Ảnh 4.1: Granit porphyr chứa thể tù (Đắk Rơ Nga).	105
Ảnh 4.2: Thể tù trong đá granit porphyr khối Ngọc Tụ (Đắk Rơ Nga).	105
Ảnh 4.3: Granit porphyr khối Ngọc Tụ (Đắk Rơ Nga).....	105
Ảnh 4.4: Đá granit porphyr. Độ cao 730m. (NT2428)	106
Ảnh 4.5: Granit porphyr và hạt trung-nhỏ, suối Đắk Rơ Sa, Ngọc Tụ.	106
Ảnh 4.6: Granit porphyr hạt đều đến trung bình - nhỏ.	106
Ảnh 4.7: Khối granit nhỏ trong đá biến chất và chưa bị xuất lộ phía rìa khối Ngọc Tụ (Phía trong đới sừng giữa granit Ngọc Tụ và đá biến chất khoảng 100 – 150m tiến về nội khối granitoid Ngọc Tụ).....	107
Ảnh 4.8: Đới biến đổi greisen hóa yếu trong granit porphyr phức hệ Bà Nà, khu vực xã Đắk Rơ Nga, Đắk Tô, Kon Tum.	109
Ảnh 4.9: Thành phần thạch học granit porphyr bị biến đổi greisen hóa yếu, khu vực xã Đắk Rơ Nga, Đắk Tô, Kon Tum. Nicon(-). mc - muscovit, q - thạch anh, sc - sericit.	109
Ảnh 4.10: Đới biến đổi greisen hóa yếu chứa khoáng vật quặng, trong granit porphyr, khu vực xã Đắk Rơ Nga, Đắk Tô, Kon Tum. Nicon(-). fk - feldspat, sc - sericit, q - thạch anh, qu - quặng	109
Ảnh 4.11: Hiện tượng phân đới trong granit khu vực chứa khoáng hóa molipden (NT8 -Ngọc Tụ) và hệ thống khe nứt phương vị 250 - 260 \angle 55- 75 cùng các đới greisen hóa.....	110
Ảnh 4.12: Đá granit hạt vừa - nhỏ bị biến đổi sáng màu (Ảnh 4. 10 - phần a) với hiện tượng biotit bị chlorit hóa, ít muscovit hóa, epidot hóa (dọc theo cát khai) cùng một số khoáng vật quặng. Nicon (-). Fk - feldspat, pl - plagioclas, bt - biotit, mc - muscovit, q - thạch anh, ep - epidot, qu - quặng.	110
Ảnh 4.13: Đá granit phần hạt nhỏ (diện đặt bút chì trên Ảnh 4. 10 - phần b). Nicon (-). Fk - feldspat, pl - plagioclas, bt - biotit, mc - muscovit, q - thạch anh	110

MỞ ĐẦU

Các thành tạo magma thành phần acid phân bố khá rộng rãi trong đới cấu trúc Pô Cô thuộc địa khối Kon Tum. Nhiều công trình nghiên cứu được công bố trong các tạp chí trong và ngoài nước về đặc điểm địa chất, thạch luận các đá magma xâm nhập, đã phần nào làm sáng tỏ về thành phần vật chất, điều kiện thành tạo của các đá magma.

Đối tượng nghiên cứu là granitoid khối Ngọc Tụ, phân bố chủ yếu trên địa bàn xã Ngọc Tụ, huyện Đăk Tô, tỉnh Kon Tum, đã được đề cập trong nhiều công trình như: Trong công tác đo vẽ địa chất 1:200.000 của Nguyễn Văn Trang (1985) và 1:50.000 của Nguyễn Quang Lộc (1998) đã xác định các dấu hiệu về trọng sa, địa hoá, kiến tạo như phía đông, đông nam khu Ngọc Tụ có thuộc đới quặng Tu Mơ Rông là trường quặng wolframit - molipdenit Ngok Loak, bismut cùng với di thường xạ - hiếm; Dương Đức Kiên (2006) [3] đã phân ra các đới khoáng hóa, các trường khoáng hóa wolframit được đặc trưng bởi thành hệ thạch anh – wolframit, ngoài ra có biểu hiện khoáng hóa molipdenit, các kiểu thành hệ quặng nội sinh; Trần Trọng Hòa (2005) [4] nghiên cứu khoáng hóa vàng và molipden ở granitoid khối Ngọc Tụ; Trần Hoàng Vũ (2014) [21] nghiên cứu hoạt động kiến tạo Indosini và tiến hóa magma đới khô Pô Cô, đồng thời cho rằng granitoid Ngọc Tụ có khả năng tạo quặng Cu-Mo porphy. Kết quả nghiên cứu của đề tài TNMT.2016.03.05: *“Nghiên cứu tính chuyên hóa địa hóa molipden các thành tạo granitoid kiểu Bà Nà và tiềm năng sinh khoáng Mo của chúng”* đã xác nhận các điểm khoáng hóa, quặng hóa molipden trong nội granitoid khối Ngọc Tụ khu vực Đăk Manh, xã Đăk Rơ Nga là: i) Khoáng hóa dạng mạch mạch molipdenit (Mo-W-Bi) theo các khe nứt trong granitoid; ii) Khoáng hóa dạng mạch thạch anh - molipdenit (Mo-W-Bi (U) xuyên cắt granitoid có dạng mạch thạch anh-molipdenit, molipdenit dạng hạt nhỏ đến vảy lớn) xuyên cắt đá granit porphy.

Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu tích hợp các tiêu chí tham số đặc trưng xác định khả năng sinh quặng và mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ, làm cơ sở cho dự báo triển vọng khoáng sản nội sinh, cũng như khả năng thành tạo các mỏ thứ sinh liên quan đến thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ. Về cơ sở khoa học, chuyên

hoá sinh khoáng là trường hợp đặc biệt của chuyên hoá địa hoá, đề tài luận án “**Đặc điểm tính chuyên hóa sinh khoáng và mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum**” trước hết phải nghiên cứu tính chuyên hoá địa hoá cùng với các quá trình địa chất hình thành magma granitoid này như các dấu hiệu tìm kiếm và thăm dò để dự báo tiềm năng khoáng sản của khu vực nghiên cứu.

1. Mục tiêu của luận án

Làm rõ tính chuyên hóa sinh khoáng và mức độ bóc mòn của granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum phục vụ dự báo tìm kiếm khoáng sản liên quan.

2. Nhiệm vụ của luận án

- Nghiên cứu đặc điểm địa chất, thành phần vật chất và điều kiện thành tạo của granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum.
- Nghiên cứu tính chuyên hóa địa hóa và chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum.
- Nghiên cứu, đánh giá mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là granitoid khối Ngọc Tụ, khu vực huyện Đăk Tô, tỉnh Kon Tum.

4. Các điểm mới của luận án

Lần đầu tiên chứng minh được granitoid khối Ngọc Tụ có tiềm năng sinh khoáng molipden (Mo), wolfram (W) và urani (U) trên cơ sở hệ thống hóa và phân tích luận giải dữ liệu địa hóa, thạch địa hóa, đồng vị, bao thể theo các lý thuyết khoa học hiện đại.

Lần đầu tiên luận án đánh giá granitoid khối Ngọc Tụ đã bị bóc mòn ở mức trung bình – thấp trên cấu trúc địa chất, thạch học, đá biến đổi và tỷ số các nguyên tố chỉ thị cho mức độ bóc mòn.

5. Các luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Nghiên cứu chuyên hóa sinh khoáng bằng các phương pháp khác nhau như chuyên hóa địa hóa, thạch hóa, kiểu magma, đặc tính oxy hóa – khử của magma, mối quan hệ nguồn gốc quặng hóa và magma cho thấy khối granitoid Ngọc Tụ có chuyên hóa sinh khoáng molipden (Mo), wolfram (W), urani (U).

Luận điểm 2: Kết quả nghiên cứu về địa chất, thạch học, đá biến đổi, các nguyên tố chỉ thị về mức độ bóc mòn cho thấy khối granitoid Ngọc Tụ có mức độ bóc mòn trung bình - thấp làm cơ sở đánh giá khả năng tồn tại quặng hóa theo không gian.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Kết quả nghiên cứu xác định được tiềm năng sinh khoáng molipden (Mo), wolfram (W), urani (U) và mức độ bóc mòn của granitoid khối Ngọc Tụ cho thấy phần vòm đỉnh đã bị bóc mòn và trong diện tích đó không còn triển vọng cho khoáng sản tương ứng. Đặc điểm này mở ra triển vọng cho tìm kiếm, phát hiện khoáng sản Mo-W-U ở rìa khối Ngọc Tụ, trong các trường đá vây quanh và những nơi granitoid chưa xuất lộ hoặc có biểu hiện bởi các chỏm nhỏ.

Kết quả nghiên cứu mức độ bóc mòn có ý nghĩa thực tiễn trong địa chất dự báo mức khả năng tồn tại khoáng sản theo không gian và quá trình địa chất (nội sinh, ngoại sinh) như: đánh giá độ sâu tương đối của quặng hóa molipden – wolfram liên quan nguồn gốc với khối granitoid Ngọc Tụ, đánh giá khối lượng vật chất urani có thể bị bóc mòn từ khối granitoid này và đưa vào môi trường trầm tích v.v...

7. Cơ sở tài liệu

Luận án được xây dựng trên 02 đề tài KHCN [8,9] mà nghiên cứu sinh là thành viên chính, trong đó NCS đã trực tiếp khảo sát thực địa, lấy các loại mẫu, nghiên cứu các mặt cắt chi tiết khu vực Ngọc Tụ, Đắc Tô, Kon Tum.

Kết quả phân tích của chính NCS gồm: 24 mẫu phân tích bằng phương pháp ICP-AES tại Viện Địa chất Viễn Đông (FEGI) - LB Nga.

Luận án còn sử dụng kết quả phân tích của 02 đề tài KHCN [8,9] gồm: 22 mẫu địa hóa bằng phương pháp ICP - MS cho 41 nguyên tố; 05 mẫu kết quả thành phần bao thể đánh giá môi trường magma nguyên sinh của granitoid (trên 40 mẫu phân tích); 03 mẫu đồng vị bền oxy cho đá và quặng molipdenit, 03 mẫu phân tích đồng vị U-Pb trên zircon để xác định tuổi cho hai dạng đá (granit porphyr và granit hạt trung - nhỏ); 15 mẫu microsond: chủ yếu trong khoáng vật quặng; 55 mẫu thạch học; 8 mẫu kích hoạt neutron cho đá tổng và 5 mẫu kích hoạt neutron cho đơn khoáng; 15 mẫu khoáng tương; 20 mẫu bao thể xác định nhiệt độ thành tạo quặng...

Đồng thời, luận án cũng sử dụng các kết quả như: 01 mẫu phân tích đồng vị

Re – Os (Trần Hoàng Vũ, 2014) [20], 01 mẫu đồng vị bền S (Trần Trọng Hòa, 2005) [4], 18 mẫu hóa quặng và mẫu giã đãi của Nguyễn Trường Giang (2001) [2], 15 mẫu hóa silicat granitoid của Nguyễn Quang Lộc (1998) [6] và các báo cáo trong lưu trữ địa chất.

8. Cấu trúc của luận án

Ngoài mở đầu và kết luận, luận án được cấu trúc thành các chương như sau:

Chương 1. Khái quát về đặc điểm địa chất và khoáng sản khu vực Ngọc Tụ, Kon Tum.

Chương 2. Cơ sở lý luận và phương pháp nghiên cứu.

Chương 3. Đánh giá tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum.

Chương 4. Đặc điểm mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum.

LỜI CẢM ƠN

Luận án được thực hiện và hoàn thành tại Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, dưới sự hướng dẫn khoa học của TS. Mai Trọng Tú và TS. Trịnh Xuân Hòa, NCS xin bày tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc tới các thầy hướng dẫn. Trong suốt quá trình thực hiện, NCS đã nhận được sự quan tâm, động viên và giúp đỡ của Phòng Địa hóa và Môi trường, cũng như của lãnh đạo Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản và các phòng, ban trực thuộc. Đồng thời, NCS cũng nhận được sự tư vấn phương pháp và sự trợ giúp của chuyên gia PGS.TS Bùi Minh Tâm, GS.TSKH. Gvozdev Vitalii trong công tác khảo sát thực địa và định hướng nghiên cứu sinh khoáng; sự hỗ trợ nhiệt tình của TS. Vera Pakhomova, TS. Maksim Blokhin thuộc Viện Địa chất Viễn Đông (FEGI) - Liên bang Nga trong công tác phân tích các loại mẫu và luận giải kết quả. NCS xin trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ các nhà khoa học và các đồng nghiệp trong suốt quá trình thực hiện luận án này.

CHƯƠNG 1. KHÁI QUÁT VỀ ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN KHU VỰC NGỌC TỤ, KON TUM

1.1. Khái quát về lịch sử nghiên cứu

Vùng nghiên cứu thuộc đới cấu trúc Pô Cô, khối Kon Tum là nơi tiếp giáp giữa 2 đới uốn nếp: rìa đông bắc đới uốn nếp Neoproterozoi - Mesoproterozoi Ngọc Hồi - M'Đrak - Đăk Lin và rìa tây nam đới uốn nếp Paleoproterozoi - Mesoproterozoi Sơn Hà - Tắc Pô với đặc trưng uốn nếp cơ bản phương uốn nếp tây bắc - đông nam và đông bắc - tây nam tương ứng, bao gồm chủ yếu bởi các đá biến chất cao tuổi Proterozoi và các thành tạo granitoid Hải Vân (P_3-T_1), Bà Nà (T_2). Đây chính là vùng chịu ảnh hưởng của sự đụng độ giữa vi lục địa Ấn Độ (Gondwana) vào mảng Âu - Á.

Trước năm 1975, vùng nghiên cứu nằm trong phần phía bắc của địa khối Kon Tum đã được các nhà địa chất Pháp nghiên cứu, đứng đầu là J. Fromaget (1937, 1941, 1952). Kết quả nghiên cứu được tổng hợp trên bản đồ địa chất Đông Dương tỷ lệ: 1:2.000.000 (1952). Về công tác địa vật lý có bản đồ trọng lực (khái quát) Đông Dương do D.P. Lejang và G. Coston thành lập từ năm 1935. Năm 1967, hải quân Mỹ đã tiến hành bay từ máy bay tỷ lệ 1:1.000.000. Tuy nhiên tất cả các công trình này đều mang tính khái quát về hình thái cấu trúc của khu vực lớn, chưa có những nghiên cứu cụ thể.

Sau năm 1975, với sự hỗ trợ tích cực của các nhà địa chất Liên Xô, công tác nghiên cứu địa chất và khoáng sản được tiến hành mạnh mẽ và khá bài bản. Trong các công trình đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 và 1:50.000, (Trần Tính và nnk, 1986 [13]- được hiệu đính vào năm 1998; Đỗ Văn Chi và nnk, 1998; Nguyễn Quang Lộc và nnk, 1998 [6];...) đã phân chia, chính xác hóa ranh giới các thành tạo địa chất, phát hiện, mô tả nhiều điểm khoáng sản. Mặc dù còn có nhiều quan điểm về cấu trúc - kiến tạo, nhưng thành phần vật chất các thành tạo địa chất trong vùng nghiên cứu, về cơ bản, đã có sự thống nhất của nhiều tác giả.

Về mặt địa chất và khoáng sản, các công trình nghiên cứu chi tiết về khu vực như là:

- Công trình “Đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Đăk Tô tỷ lệ 1:50.000” (Nguyễn Quang Lộc và nnk, 1998) [6]. Trên cơ sở các tiền đề địa chất và các dấu hiệu về trọng sa, địa hoá, kiến tạo các tác giả đã đánh giá và phân

vùng triển vọng khoáng sản ở khu Ngọc Tụ như sau: Phía đông, đông nam của diện tích nghiên cứu thuộc đới quặng Tu Mơ Rông, trường quặng wolfram - molipden Ngok Loak, có triển vọng B₁ với khoáng sản trọng tâm là wolfram, molipden, bismut và xạ - hiếm. Phía tây nam và nam của diện tích nghiên cứu thuộc đới quặng Ngọc Hồi, trường quặng vàng - bạc - đá quý Ngọc Tụ và được đánh giá triển vọng B₁ với khoáng sản trọng tâm là vàng, bạc, (corindon, saphyr). Kết quả công tác đo vẽ bản đồ đã phát hiện điểm khoáng hoá molipden-wolfram-bismut Đak Kơ Sa trong diện tích Ngọc Tụ. Khoáng hoá thuộc thành hệ greisen wolfram-molipden-thiếc. Theo các tác giả thì đặc điểm quặng hóa, quy mô và triển vọng của chúng chưa được hoàn toàn làm rõ và kiến nghị cần tiến hành tìm kiếm chi tiết tỷ lệ 1:25.000 trên diện tích vùng Đak Kơ Sa với các đối tượng khoáng sản chính là wolfram, molipden, ngoài ra có thể kết hợp đánh giá triển vọng của bismut, vàng.

- Công trình “Nghiên cứu kiến tạo và sinh khoáng Nam Việt Nam” (Nguyễn Xuân Bao và Nguyễn Tường Chi, 2000) đã mô tả theo nguyên tắc thành hệ trên cơ sở thành phần vật chất và hệ thống hóa theo lĩnh vực sử dụng;

- Công trình “Nghiên cứu điều kiện thành tạo và quy luật phân bố khoáng sản quý hiếm liên quan đến hoạt động magma khu vực miền Trung và Tây Nguyên” (Trần Trọng Hòa và nnk, 2005) [4] có nghiên cứu khoáng hóa vàng và molipdenit ở granitoid khối Ngọc Tụ với kết quả về thành phần nguyên tố hiếm trong đơn khoáng, nồng độ NaCl trong bao thể, đồng vị bền S trong pyrit cho thấy quặng hóa đặc trưng nguồn dung dịch nhiệt dịch từ dưới sâu lên, còn đồng vị tuổi của quặng hóa tương ứng Trias giữa,

- Công trình “Nghiên cứu sinh khoáng và dự báo triển vọng khoáng sản đới cấu trúc - kiến tạo Pô Cô” (Dương Đức Kiên và nnk, 2006) [3] đã phân ra các đới khoáng hóa, các trường khoáng hóa, các kiểu thành hệ quặng nội sinh. Trong đó, vùng nghiên cứu có trường khoáng hóa wolfram Ngọc Tụ được đặc trưng bởi thành hệ thạch anh - wolframit; ngoài ra có biểu hiện khoáng hóa molipden. Theo các tác giả này, vùng nghiên cứu nằm trong đới Pô Cô thuộc đới “kiến trúc Kon Tum” gồm các thành tạo biến chất hệ tầng Tắc Pô, phức hệ Diên Bình, phức hệ Hải Vân, phức hệ Bà Nà, hệ tầng Kon Tum.

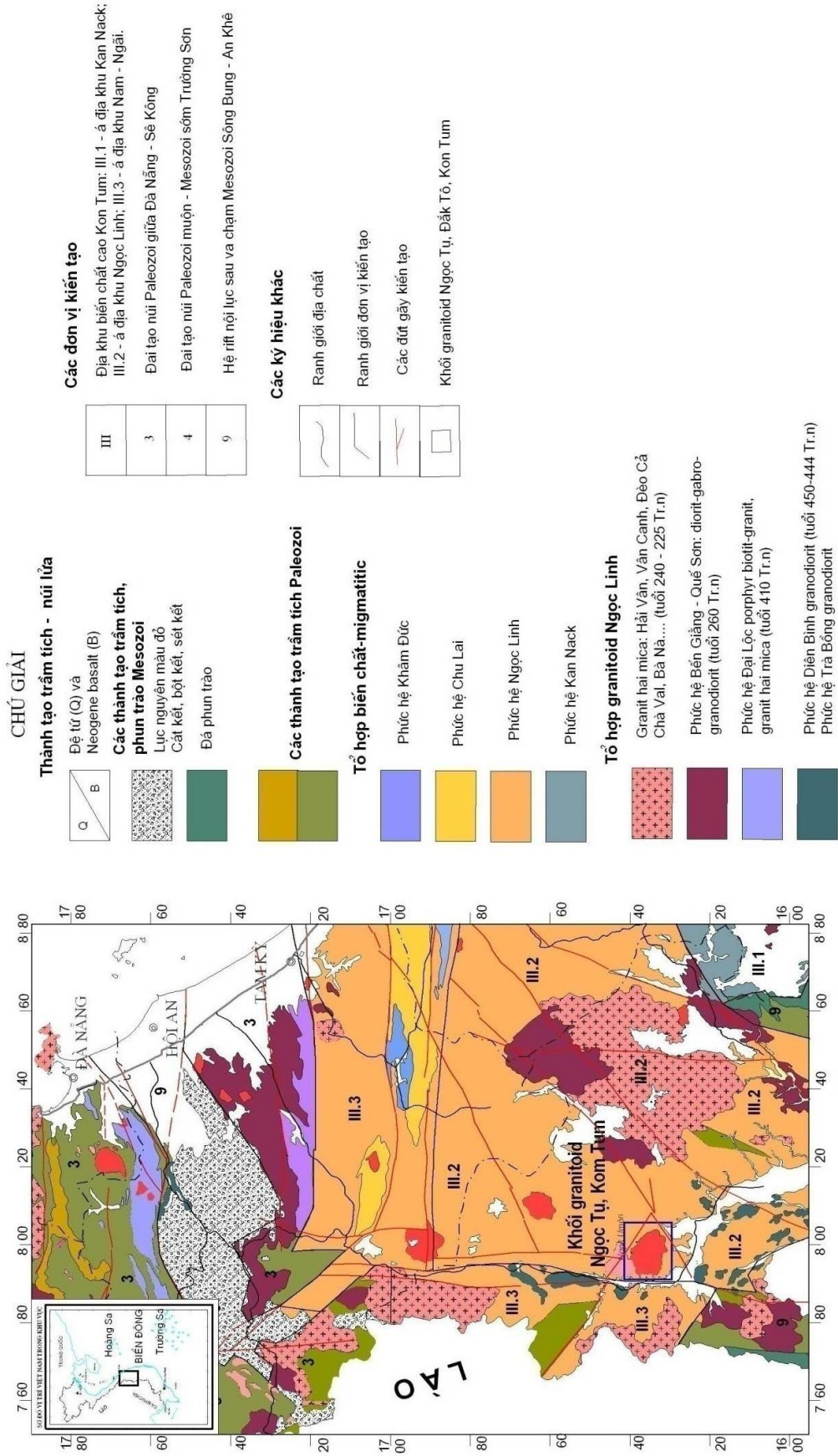
- Của Trần Hoàng Vũ (2014) [21] nghiên cứu hoạt động kiến tạo Indosini và

tiến hóa magma đới khô Pô Cô đã làm rõ tuổi và cơ chế thành các phức hệ xâm nhập trong khu vực, đồng thời cho rằng granitoid Ngọc Tụ có khả năng tạo quặng Cu-Mo porphy.

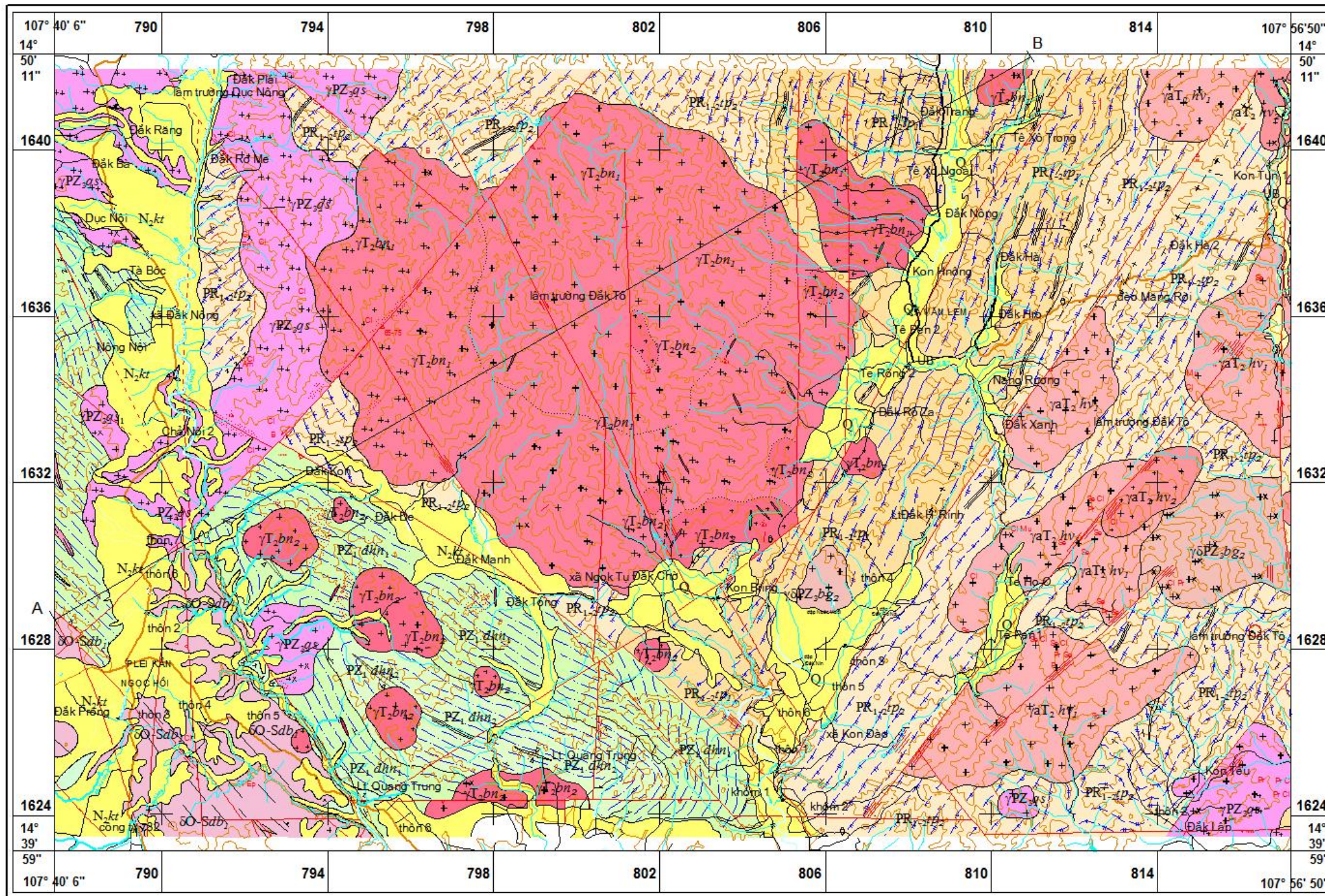
- Công trình “Kiểm tra chi tiết cụm dị thường địa vật lý máy bay vùng Ngọc Tụ, tỉnh Kon Tum” (Nguyễn Trường Giang và nnk, 2001) [2] đã đánh giá thấy các dị thường xạ trong tầng aluvi, phân bố dọc các bãi bồi thềm sông, suối, liên quan đến các thành tạo sa khoáng monazit, ilmenit và zircon, 8 dị thường liên quan đến các mạch aplit nằm trong khối magma granitoid bị biến đổi nứt nẻ Bà Nà và phức hệ Quế Sơn. Đồng thời đã phát hiện các điểm quặng, điểm khoáng hoá molipden (các khoáng sản đi kèm là đồng, bismut, wolfram) ở Đak Dé và mỏ đá Ngọc Tụ có liên quan đến các dải dị thường phổ gamma phân bố dọc các đới cà nát, đập vỡ của đới nội, ngoại tiếp xúc của các đá granit biotit hạt nhỏ pha 2 phức hệ Bà Nà với các đá biến chất hệ tầng Tác Pô, Đak Hơniang. Bước đầu đã xác định được các điểm khoáng hoá tạo thành đới có kích thước tương đối lớn, chiều dài từ vài trăm mét (mỏ đá Ngọc Tụ) đến vài km (ở Đak Dé) (phần trên mặt), chiều rộng thay đổi từ vài mét đến vài chục mét. Mặc dù kết quả phân tích mới chỉ có một số mẫu đạt hàm lượng công nghiệp tối thiểu nhưng đây là các tiền đề và dấu hiệu để phát hiện khoáng sản tương tự ở các khu vực lân cận trong khối granitoid phức hệ Bà Nà.

- Công trình “Nghiên cứu chuyên hóa địa hóa molipden các thành tạo granitoid kiểu Bà Nà và tiềm năng sinh khoáng Mo của chúng” của Nguyễn Văn Niệm và nnk (2018) [9] xác định granitoid khối Ngọc Tụ có liên quan đến tiềm năng sinh molipden trên cơ sở nghiên cứu tổng hợp nhiều loại thành phần vật chất của đá.

Như vậy, các công trình nghiên cứu trước đây chủ yếu phục vụ cho đo vẽ bản đồ địa chất, tìm kiếm khoáng sản và tính chuyên hóa địa hóa của Mo và một số nguyên tố khác mà chưa đánh giá đầy đủ về tính chuyên hóa sinh khoáng (khả năng sinh quặng) và mức độ bóc mòn của khối granitoid Ngọc Tụ.



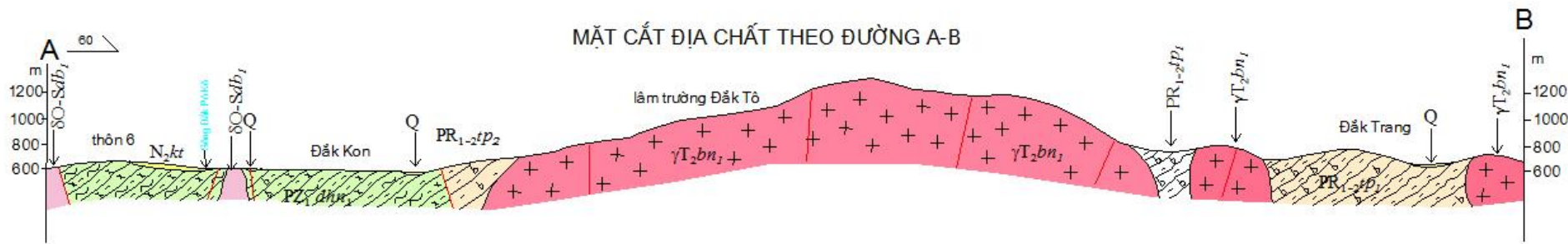
Hình 1.1: Sơ đồ vị trí phân bố granitoid khối Ngọc Tú trên bình đồ cấu trúc khu vực [33]



CHÚ GIẢI

Q	Đệ tứ: cuội, sỏi, cát, sạn.
N ₂ kt	Hệ tầng Kon Tum: Sét kết xen cát sạn kết, cuội sỏi kết.
$\gamma I_2 bn_1$	Phức hệ Bà Nà Granitoid porphyr, hạt lớn, sáng màu
$\gamma I_2 bn_2$	Granitoid hạt trung- nhỏ, sẫm màu
$\gamma a I_2 hv_2$	Phức hệ Hải Vân: Pha 1: Granit biotit hạt vừa- lớn sẫm màu.
$\gamma a I_2 hv_1$	Pha 2: Granit biotit có muscovit sáng màu.
γPZ_{gs}	Phức hệ Bến Giăng - Quế Sơn Kiểu Quế Sơn: granit biotit hornblend có dạng porphyr.
$\gamma \delta PZ_{bg_2}$	Kiểu Bến Giăng: Pha 2: gnanodiorit, diorit hornblend- biotit.
$\delta O-Sab_1$	Phức hệ Diên Bình Pha 1: diorit, diorit thạch anh, diorit biotit hornblend
$PZ_1 dhn_2$	Hệ tầng Đak Hoiang Tập 2: đá phiến thạch anh - 2 mica, đá phiến thạch anh felspat- mica, lớp mỏng quartzit mica.
$PZ_1 dhn_1$	Tập 1: đá phiến thạch anh- felspat- biotit- silimanit, đá phiến thạch anh 2 mica- granat.
$PR_{1-2} p_2$	Hệ tầng Tắc Pô Tập 2: gneis 2 mica, gneis biotit- (granat) hạt nhỏ, đá phiến thạch anh- felspat- 2 mica- silimanit
$PR_{1-2} p_1$	Tập 1: gneis biotit hạt vừa đến lớn, plagiogneis biotit, gneis 2 mica; amphibolit, quartzit
PR SE AM CL MU EP	KÝ HIỆU KHÁC Các biến đổi: prenit hóa (PR), sericit hóa (SE), amphibolit hóa (AM); clorit hóa (CL), muscovit hóa (MU), epidot hóa (EP).
a / b	Đứt gãy: a- xác định, b- dưới lớp phủ.
a / b	Ranh giới địa chất: a- xác định, b- dự kiến.
a / b	a - Đối càn nạt; b - Đối sùng hóa
a / b	a - Granit; b - Gneis bioti-amphibolit

Sơ đồ được thành lập dựa theo các tờ Bản đồ địa chất và khoáng sản, tỷ lệ 1:200.000 Kon Tum-Buôn Mê Thuột; 1:50.000 Nhòm tờ Đắk Tô



Hình 1.2: Sơ đồ địa chất khu vực Ngọc Tú, Đắk Tô, Kon Tum [6]

1.2. Đặc điểm địa chất và khoáng sản khu vực Ngọc Tú.

1.2.1. Địa tầng

Theo tài liệu bản đồ địa chất 1:50.000 của Nguyễn Quang Lộc và nnk (1998) [6] các thành tạo địa tầng phân bố trong khu vực nghiên cứu bao gồm.

1.2.1.1. Hệ tầng Tác Pỏ (PR₁₋₂ tp)

Hệ tầng Tác Pỏ được Nguyễn Xuân Bao, Trịnh Long và nnk (1996) xây dựng trên cơ sở hệ tầng Đak My và xếp và phức hệ Ngọc Linh có tuổi Paleoproterozoic. Trong diện tích nghiên cứu chúng phân bố ở phía bắc và phía đông với diện tích khoảng 70 km².

Thành phần vật chất hệ tầng bao gồm 2 tập như sau:

Tập 1: gneisbiotit, gneis biotit chứa granat, plagiogneis biotit, gneis 2 mica; lớp mỏng gneis amphibol, amphibolit, gneis pyroxen, quartzit biotit.

Tập 2: gneis 2 mica, gneis biotit (\pm granat) hạt nhỏ, plagiogneis biotit, đá phiến thạch anh - feldspat - mica (\pm granat), đá phiến thạch anh - feldspat - 2 mica - silimanit, đá phiến thạch anh - biotit (\pm disten), đá phiến thạch anh - biotit (\pm cordierit), đá phiến thạch anh - biotit - silimanit, đá phiến thạch anh - feldspat - mica - graphit; lớp mỏng quartzit mica, thấu kính amphibolit.

Tổng bề dày của hệ tầng Tác Pỏ khoảng 1900 - 2150m.

1.2.1.2. Hệ tầng Đắc Hơniang (PZ₁ đhn)

Các đá biến chất hệ tầng Đắc Hơniang phân bố hẹp phía tây nam của phạm vi nghiên cứu, chúng tạo thành 2 dải chính kéo dài phương tây bắc - đông nam có diện tích tổng cộng khoảng 40km².

Thành phần vật chất hệ tầng bao gồm 2 tập như sau:

Tập 1: Đá có thành phần chủ yếu là plagiogneis biotit - amphibol, plagiogneis biotit (\pm granat) hạt nhỏ.

Tập 2: Đá có thành phần là phiến thạch anh - plagiocla - 2 mica, đá phiến thạch anh - 2 mica - silimanit (\pm granat), đá phiến amphibol hạt nhỏ.

Các đá biến chất hệ tầng Đắc Hơniang không hoàn toàn giống với phần trên “hệ tầng Sa Thày” (Trần Tính, 1993) cũng như “hệ tầng Tiên An” của Trịnh Long, Nguyễn Xuân Bao (1994), vì trong tập 2 có phát hiện lớp sét vôùi dày 20m, có quan hệ kiến tạo với các thành tạo hệ tầng Đak Tolir. Do đó, các tác giả thành lập phân vị

địa tầng mới thuộc phức hệ Khâm Đức.

Chiều dày của tầng dưới 850 ÷ 1050m.

1.2.1.3. Hệ tầng Kon Tum ($N_2 kt$)

Hệ tầng Kon Tum đã được Nguyễn Xuân Bao xác lập năm 1982 được hiệu đính năm 1994 và được Nguyễn Ngọc Hoa chỉnh lý bổ sung năm 1994. Các trầm tích của hệ tầng lộ thành các dải hẹp dọc theo các thung lũng xâm thực sâu, chủ yếu phân bố từ phía tây bắc xuống tây nam và một ít ở tây nam vùng nghiên cứu, chiếm diện tích khoảng 14 km².

Thành phần vật chất: Sét bột kết chứa monmorilonit, cát kết hạt nhỏ màu xám đen, xám xi măng, xanh lục xen kẽ các lớp cát sạn, cuội sỏi sạn cát.

1.2.1.4. Hệ Đệ tứ (Q)

Các trầm tích thềm bậc II chiếm diện tích khoảng 35 ÷ 40 km², phân bố dọc theo các thung lũng. Thành phần: sét cát, cát bột lẫn ít sạn màu vàng, dày 1 ÷ 7m.

1.2.2. *Magma*

Trong diện tích nghiên cứu, ngoài granitoid khối Ngọc Tú, còn có mặt các thành tạo xâm nhập của các phức hệ: Diên Bình, Bến Giằng - Quế Sơn và Hải Vân. Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu nêu trên thể hiện theo các phân vị địa chất chung như sau:

1.2.2.1. Phức hệ Diên Bình ($\delta\gamma O-S db_1$)

Phức hệ Diên Bình do Huỳnh Trung, Nguyễn Xuân Bao (1979) xác lập. Phức hệ có thành phần phân dị liên tục từ diorit tới granit (3 pha xâm nhập và pha đá mạch) và được đặc trưng bởi tổ hợp cộng sinh khoáng vật chủ yếu sau: plagiocla + thạch anh ± feldspat kali + biotit ± hornblend ± muscovit. Các đá thuộc phức hệ phân bố thành các chòm nhỏ nằm ở phía tây nam khu vực nghiên cứu. Với thành phần đá là pha 1 của phức hệ và đặc điểm như sau: granodiorit, tonalit hạt trung có thành phần plagiocla + thạch anh ± feldspat kali + biotit + hornblend ± muscovit.

Tuổi thành tạo: Theo Nguyễn Thị Bích Thủy (2018) đá granitoid Diên Bình có tuổi đồng vị U-Pb tương ứng với 470 triệu năm (Tr.n) được xếp tuổi Ordovic – Silur.

1.2.2.2. Phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn

Các thành tạo tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn do Huỳnh Trung xác lập năm 1979 với tên gọi là Phức hệ Quế Sơn, trong đó thành phần chủ yếu của phức hệ là

granit màu hồng. Năm 1982, trong công tác thành lập bản đồ địa chất miền Nam Việt nam tỉ lệ 1: 500.000, Nguyễn Xuân Bao đã ghép lại thành phức hệ Bến Giềng – Quế Sơn với quan niệm đó là phức hệ bao gồm các thành tạo phân dị dài từ magma trung tính đến acid gồm gabrodiorit, diorit, diorit thạch anh, granodiorit đến granit. Những nghiên cứu sau này của Huỳnh Trung và Phan Thiện (1995) đã phân chia các thành tạo phức hệ thành hai kiểu chính đó là kiểu Bến Giềng ($\gamma\delta PZ_3 bg_2$) và kiểu Quế Sơn ($\gamma PZ_3 qs$).

Trong vùng nghiên cứu, các đá thuộc kiểu Bến Giềng có mặt pha 2 với thành phần là granodiorit biotit hornblend, tonalit. Đối với các đá thuộc kiểu Quế Sơn phân bố theo hướng bắc nam từ Đắc Plai, Đắc Ro thuộc Ngọc Hồi. Khối có dạng đẳng thước, diện tích gần 10km², xuyên cắt các đá biến chất hệ tầng Tác Pò. Khối có thành phần chính là granit, granit - biotit - hornblend, granosyenit có hornblend; ít granodiorit biotit có hornblend, monzonit thạch anh hạt trung đều hạt; ở rìa khối bị fenspat kali mạnh mẽ.

Tuổi thành tạo: Theo Huỳnh Trung, Nguyễn Xuân Bao (1979) kiểu Bến Giềng có tuổi tuyệt đối 363 ÷ 282 triệu năm và xếp tuổi Paleozoi muộn.

1.2.2.4. Phức hệ Hải Vân ($\gamma T_2 hv$)

Phức hệ Hải Vân do Huỳnh Trung, Nguyễn Xuân Bao (1979) xác lập. Các đá của phức hệ này được chia ra 3 pha (pha 1, 2 và pha đá mạch).

- Pha 1: granit biotit hạt trung tới lớn tương đối sẫm màu, có muscovit.
- Pha 2: granit biotit có muscovit sáng màu.
- Pha mạch: aplit, granit aplit, pegmatoid, thạch anh.

Trong vùng nghiên cứu gặp pha 1, pha 2 và diện phân bố theo hướng đông bắc xuống đông từ Đắc Xanh, Ten Ho thuộc Đắc Tô. Thành phần granit, granit biotit khá sẫm màu cấu tạo khối đến định hướng yếu. Các đá tương tiếp xúc trong ít gặp, chúng có thành phần xuống tới granodiorit với lượng biotit lên tới 10 - 15%. Ở đới nội tiếp xúc gặp nhiều thể từ với kích thước từ vài cm² tới hàng chục cm² bị biến đổi ở những mức độ khác nhau. Các thể từ là diorit dạng gneis, granodiorit dạng gneis, gneis 2 mica, đá phiến thạch anh 2 mica - granat, đá phiến thạch anh - biotit – silimanit.

Các đá xâm nhập phức hệ Hải Vân có giá trị tuổi đồng vị U-Pb là khoảng

241±2 triệu năm theo Lê Đức Phúc (2012).

1.2.2.5. Phức hệ Bà Nà ($\gamma T_2 bn$)

Phức hệ Bà Nà do Nguyễn Văn Trang, Nguyễn Văn Quyền (1985) xác lập. Trong vùng nghiên cứu có khối Ngọc Tụ (khối Ngok Loak), thành tạo xâm nhập được các tác giả phân chia ra pha xâm nhập chính với granit 2 mica, granit biotit có muscovit hạt trung tới lớn, hạt không đều; pha 2 sáng màu hơn, hạt nhỏ và đều hơn; pha đá mạch granit aplit, pegmatit, thạch anh. Ở rìa tiếp xúc với hệ tầng Tác Pô phổ biến hiện tượng sùng hóa thạch anh - fenspat, thạch anh - biotit - cordierit.

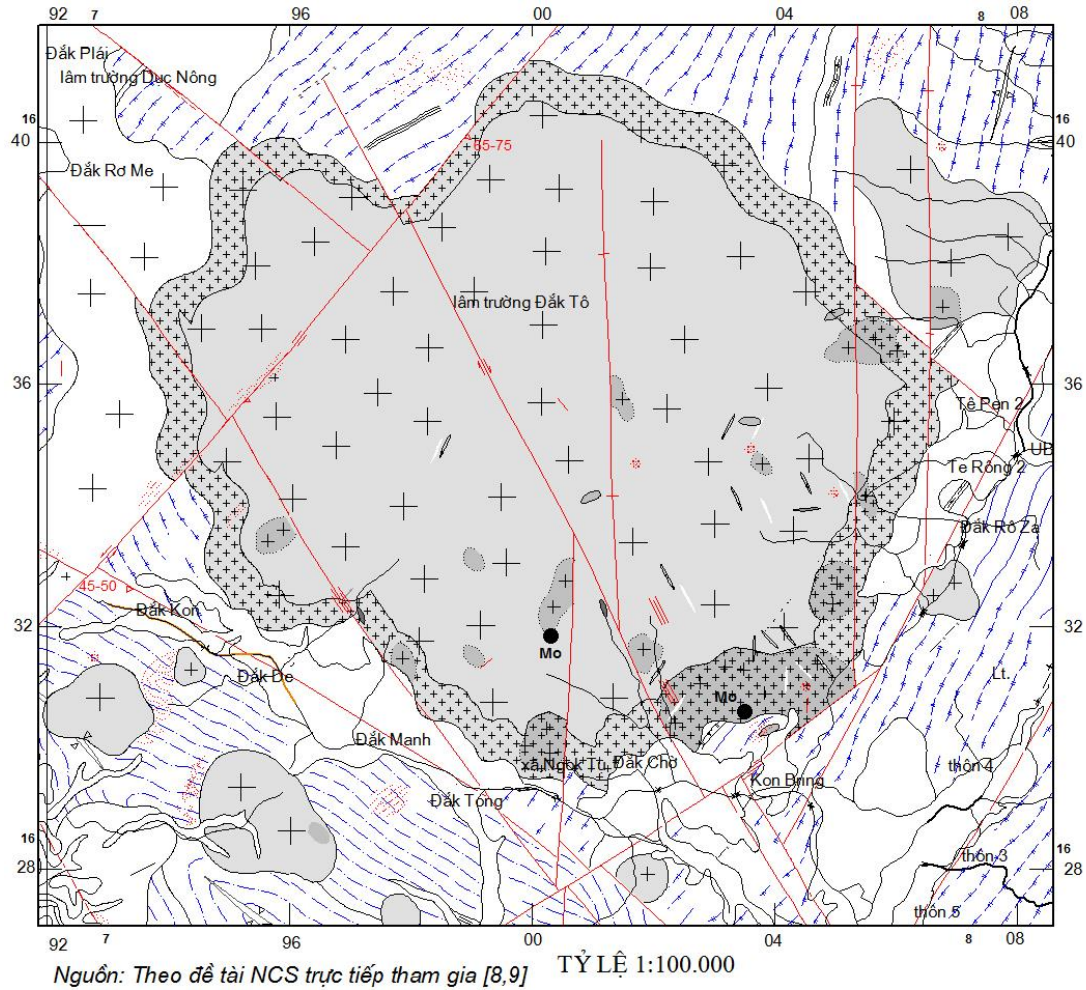
Kết quả đo phổ gamma của Nguyễn Trường Giang và nnk (2001) [2] đã xác định bản chất phóng xạ: hàm lượng kali 3 - 5%, urani 18 - 20ppm, thori 30 - 35ppm.

Tuổi của các thành tạo được đối sánh với khối chuẩn Bà Nà. Với 3 mẫu xác định bằng phương pháp vết phân hạch zircon của Nghiêm Vũ Khải, Wadatsumi Kiyoshi, Dương Đức Kiên, Nguyễn Văn Chử cho giá trị 81±6, 82±7, 76±5 triệu năm; ứng với Creta muộn.

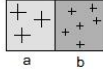
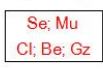
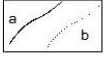
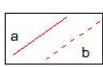
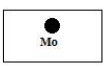
Đặc điểm địa chất granitoid khối Ngọc Tụ

Khối granitoid Ngọc Tụ mang tên một trong những đỉnh núi cao nhất trong vùng, cách Đắk Tô khoảng 16 km về phía tây bắc. Khối có dạng đẳng thước với đường kính khoảng 12 - 13km, diện tích khoảng 320km².

Với sự hỗ trợ của các nhà địa chất có kinh nghiệm cao như GS.TSKH. Gvozdev Vitalij, PGS.TS Bùi Minh Tâm, NCS cùng tập thể tác giả đề tài đã tiến hành khảo sát địa chất (Ảnh 1.1; Ảnh 1.2), địa hóa trên đối tượng nghiên cứu và đã ghi nhận granitoid khối Ngọc Tụ là 2 nhóm đá chính, ranh giới giữa 2 nhóm đá không rõ ràng, biểu hiện sự chuyển tương theo độ sâu (Ảnh 1.3). Thành phần gồm: Nhóm I- đá granit porphyr với ban tinh hạt lớn, cấu tạo khối, sáng màu, xám sáng (Ảnh 1.4); Nhóm II- đá granit hạt trung - nhỏ, cấu tạo khối, sáng màu.



CHÚ GIẢI

 <p>Khối granitoid Ngọc Tú Granit: a. porphyr, b. trung - nhỏ</p>	 <p>Các biến đổi: sericit hóa (Se), muscovit hóa (Mu); clorit hóa (Cl); berezit hóa (Be); greizen hóa (Gz)</p>	 <p>Ranh giới địa chất: a- xác định, b- dự kiến.</p>
 <p>Đứt gãy: a- xác định, b- dưới lớp phủ.</p>	 <p>Điểm khoáng hóa Mo</p>	

Hình 1.3: Sơ đồ cấu trúc thạch học khối granitoid Ngọc Tú
Đặc điểm thạch học

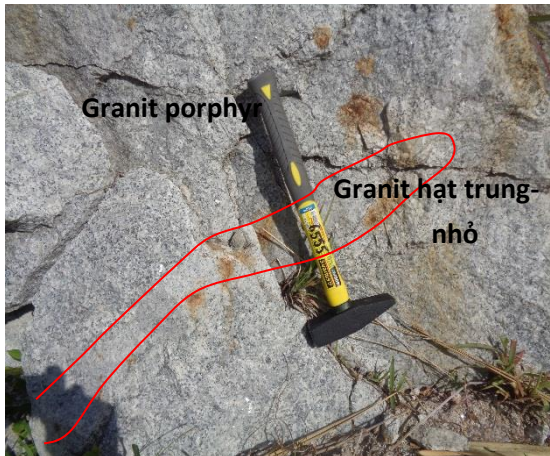
+ *Granit porphyr* với ban tinh hạt lớn, từ sẫm màu đến sáng màu gồm có một loại là ban tinh felspat phân bố đều trong đá (Ảnh 1.4) và loại thứ hai là ban tinh phân bố định hướng, phân bố không đều trong nền đá, chủ yếu gặp dọc suối Đắk Rơ Nga, phía nam khối. Thành phần của hai loại này giống nhau gồm thạch anh, felspat, ít biotit, ban tinh felspat lớn - rất lớn dao động từ 1-4cm (Ảnh 1.4). Trong kiểu đá này, một số khu vực gặp các ổ pegmatit đặc biệt có gặp những biến đổi chòng đới greisen hóa yếu, biến đổi chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa, albit hóa, gặp ở dọc suối Đắk Ta Kan (khu vực thủy điện Đắk Rơ Sa), khu vực Đắk Mạnh.



Ảnh 1.1: Granit porphyr tại mỏ khai thác granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum (NT2302) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.2: Granit porphyr tại suối Đắc Rơ Sa, Ngọc Tụ (NT2109) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.3: Ranh giới của granit hạt trung - nhỏ chuyển tiếp với granit porphyr. (NT2110) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.4: Granit porphyr với ban tinh hạt lớn. (NT2334) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)

Thành phần khoáng vật: chủ yếu là thạch anh, plagiocla, felspat kali, biotit, muscovit.

- Plagiocla chiếm 40 - 42%, có dạng tấm tự hình với kích thước đạt (0,45x 0,7) đến (2,2x3,5) mm (Ảnh 1.6) đa phần plagiocla bị sét - sericit hoá yếu, có tấm bị muscovit hoá yếu, song tinh đa hợp thành nét đến tắt đỏi (oligoclas - andezin).

- Felspat kali (32 - 34%) có dạng tấm nửa tự hình có kích thước dao động trong khoảng rất rộng từ (0,5 x 0,8)mm đến vài cm quan sát thấy bằng mẫu cục, felspat kali có cấu trúc vân pertit, có tấm khảm các vi tinh plagiocla tự hình biến đỏi, có hạt bị carbonat hoá yếu (Ảnh 1.5)

- Thạch anh (23 - 25%) tha hình phân bố không đều trong mẫu, có chỗ tạo đám, kích thước thay đỏi từ 0,3 đến 0,7mm, mặt sạch, tắt làn sóng yếu (Ảnh 1.5)

- Biotit (~ 2%) dạng tấm ngắn bị chlorit hoá hoặc muscovit hoá loang lổ phân bố rải rác. Biotit màu lục đậm có đa sắc mạnh. Rải rác gặp vài tấm nhỏ muscovit (4-5%) không màu dạng lưới rách (muscovit nhiệt dịch) (Ảnh 1.8)

- Khoáng vật phụ có zircon vài hạt, monazit và apatit dạng méo mó thường đi cùng biotit, ít sphen.

- Khoáng vật quặng (qu) màu đen dạng hạt nhỏ méo mó phân bố rải rác, phản chiếu ánh kim mạnh (Ảnh 1.8)

+ *Granit hạt trung-nhỏ*, sáng màu đến sẫm màu, cấu tạo khối, đôi khi có dạng porphy. Trong đó đáng chú ý, khi khảo sát nhiều điểm gặp granit hạt trung-nhỏ, sáng màu xen kẽ trong đá granit porphy (nhóm I) có ranh giới chuyển tiếp hoặc không có ranh giới rõ ràng.

Thành phần khoáng vật chủ yếu là thạch anh, plagiocla, felspat kali, biotit, muscovit, biotit thường bị chlorit hóa.

- Felspat kali chiếm 38 - 40%, có bề mặt mờ đục do bị biến đổi sét hoá, một số tấm rõ vân pertit, một số có song tinh mạng lưới (microclin). Felspat có dạng tấm tự hình và nửa tự hình kích thước không đều thay đổi trong phạm vi rộng từ (0,35x0,5)(3x4)mm, phân bố đều khắp trong mẫu, một số tấm lạng trụ plagiocla nhỏ khá tự hình nằm khảm trên tấm felspat kali lớn (Ảnh 1.9)

- Plagiocla dao động từ 28 - 30%, thường bị biến đổi sét hoá, sericit hoá khá dày bề mặt, một số bị muscovit hoá yếu. Plagiocla còn tàn dư song tinh đa hợp, một số có hiện tượng tắt đới mờ. Đôi nơi tại chỗ tiếp xúc giữa plagiocla và felspat kali có hiện tượng mọc xen mirmekit (Ảnh 1.10)

- Thạch anh (24 - 26%), có dạng tha hình méo mó lấp đầy khoảng trống giữa các khoáng vật. Thạch anh không màu, mặt sạch, giao thoa xám sáng, tắt sóng rõ.

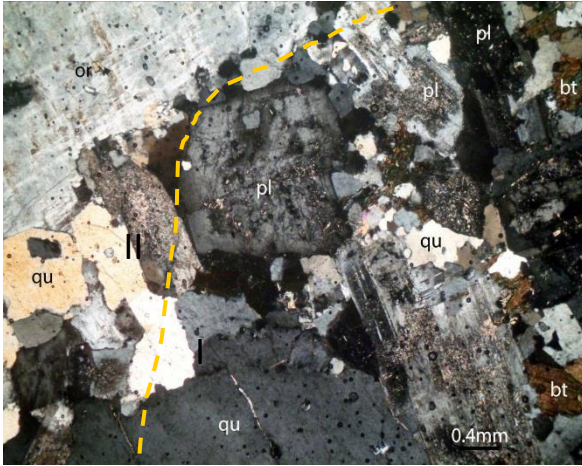
- Mica bao gồm cả biotit (3 - 4%) và muscovit (3 - 4%), chúng có dạng tấm kéo dài với 2 cạnh ngắn nham nhở không rõ ràng, phân bố rải rác khá đều trong mẫu, một số chỗ tập trung thành đám ô.

- Biotit (1-2%) thường bị biến đổi chlorit hoá ven rìa hoặc hoàn toàn đồng thời dài epidot vi hạt, hạt nhỏ dọc khe nứt cát khai. Một số tấm không bị biến đổi hoặc phần trung tâm không bị biến đổi có màu nâu đỏ đa sắc rõ.

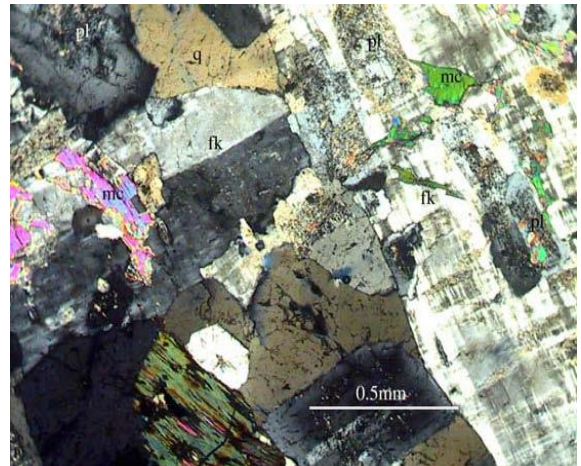
- Muscovit không màu, cát khai thanh nét 1 phương, giao thoa bậc 2.

- Các khoáng vật phụ: zircon, apatit, monazit, ít sphen.

Apatit có dạng trụ kéo dài không màu, bề mặt lấm tấm bản, nổi cao, giao thoa xám ghi, tắt đứng kéo dài âm. Zircon có dạng hạt gạo có riềm đen bao quanh, một số hạt méo mó nằm khảm trên biotit. - Khoáng vật quặng (qu) hạt nhỏ méo mó màu đen không thấu quang phản chiếu ánh kim mạnh (Ảnh 1.5)



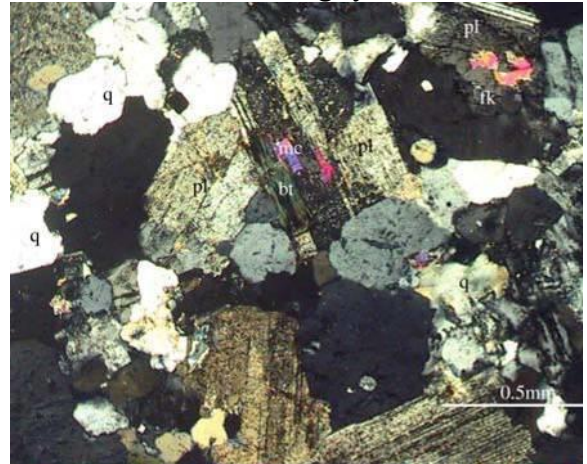
Ảnh 1.5: Granit hạt trung - nhỏ (I) và granit porphyrit (II): or, pl, bt, qu (Mẫu LM2101/1) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



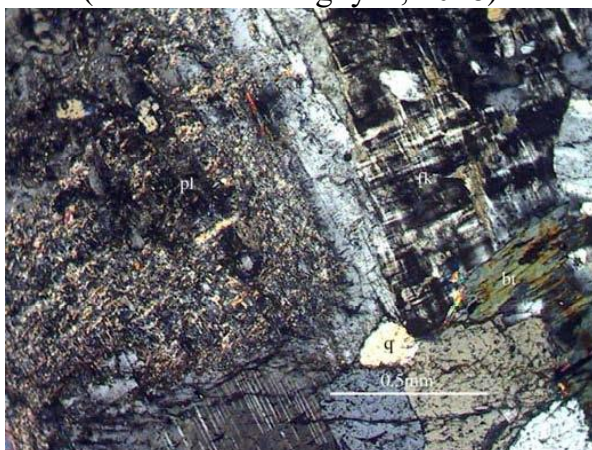
Ảnh 1.6: Granit porphyrit. fk, pl, mc, q. (Mẫu LM 2101/3) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



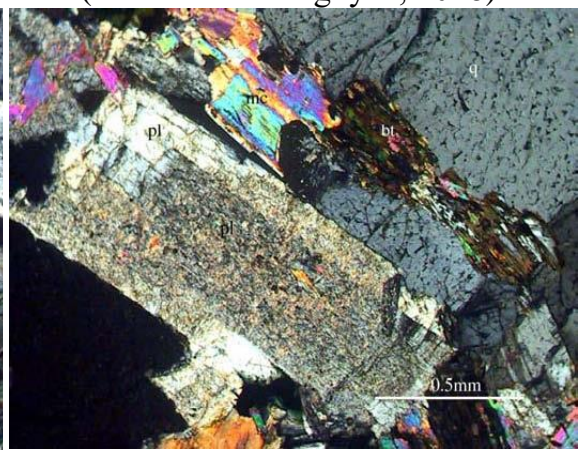
Ảnh 1.7: Plagiocla phân đới trong granit porphyrit. pl, bt (Mẫu LM 2105) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.8: Granit porphyrit khối Ngọc Tú. fk, pl, mc, bt, q, qu. (Mẫu LM2109) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.9: Granit hạt trung- nhỏ. fk; pl; mc; bt; q. (Mẫu LM 2334) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.10: Granit hạt trung- nhỏ. pl; mc; bt; q. (Mẫu LM 2334/1) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)

Ghi chú: thạch anh (q), plagiocla (pl), felspat kali (fk), biotit (bt), muscovit (mc), quặng (qu)

Đới đá biến đổi

Trong rìa khối granitoid Ngọc Tụ có các kiểu biến đổi như: greisen hóa, sericit hoá, chlorit hoá. Đới với kiểu biến đổi greisen hóa đặc trưng nhất ở khu vực xã Đắk Rơ Nga có nằm theo các khe nứt của đá. Ngoài ra, tại vị trí tiếp xúc giữa khối xâm nhập Bà Nà, các thành tạo biến chất bị biến đổi sùng hoá. Đây là những biến đổi liên quan trực tiếp với khoáng hóa hoặc các quá trình tạo quặng.

+ Khu vực có chứa đới biến đổi greisen hóa có chiều rộng 5-10cm, kéo dài vài chục mét (35 - 40m) (Ảnh 1.11; 1.12), đá granitoid ở đây có sự biến đổi về màu sắc, hàm lượng của thành phần khoáng vật: phân biệt rõ được đới sáng màu và sẫm màu do thay đổi hàm lượng thành phần khoáng vật biotit, feldpat, thạch anh cũng như kích thước khoáng vật do quá trình biến đổi sau magma với đặc điểm thạch học khoáng vật như sau:

1/ Phần đá gốc tàn dư là feldpat kali (52 - 53%) dạng tấm lớn, phân bố rất không đều, bề mặt mờ đục, dọc theo cát khai của feldpat kali phát triển dày đặc sericit dạng vảy, bề mặt sạch; feldpat kali một số hạt có song tinh đơn.

2/ Phần nhiệt dịch: phân bố rất không đều; thành phần là thạch anh (35 - 37%) dạng hạt lớn méo mó, không màu, tắt làn sóng yếu; muscovit (3 - 4%) dạng tấm, dạng méo mó, không màu, giao thoa cao; sericit (7 - 9%) dạng vảy, bề mặt sạch, thường tạo đám - ỏ không đều (Ảnh 1.13-A,B). 3/ Quặng (Ảnh 1,13): gặp vài tấm ilmenit, rutin xâm tán rải rác trong nền mẫu hoặc tạo đám méo mó, bị hydroxyt sắt hóa mạnh (gặp vài ỏ keo limonit xuyên lấp trong khe hở của phi quặng), phản chiếu nâu đỏ và lấm tấm ánh kim.

+ Trong phạm vi điểm khoáng hóa molipden gặp đới biến đổi greisen hóa nằm theo các khe nứt tại mỏ đá Ngọc Tụ có chiều rộng 3-6cm, kéo dài theo các khe nứt của khối (3-10m), với đặc điểm như sau:

1/ Phần granit hạt lớn, sáng màu (Ảnh 1.14- phần a): có hiện tượng greisen hóa yếu với thành phần gồm chủ yếu feldpat kali (40 - 41%) dạng hạt nửa tự hình, kích thước (1x2) - (5x8) mm, bề mặt bị sét hóa loang lổ, song tinh đơn, một số hạt ven rìa hoặc phần nhân có song tinh mạng lưới rõ; trên bề mặt feldpat kali khảm plagioclas dạng tấm nhỏ tự hình. Plagioclas (19 - 20%) dạng tấm tự hình, bề mặt bị biến đổi sét - sericit và ít muscovit hóa phần trung tâm, rải rác một số hạt bề mặt bị

saussurit hóa, song tinh đa hợp rõ nét. Thạch anh (27 - 28%) dạng hạt méo mó tha hình, mặt sạch. Biotit bị biến đổi (7 - 9%) dạng tấm kéo dài hoặc dạng tấm phát triển theo phương ngang, bề mặt bị chlorit hóa mạnh, số ít bị muscovit hóa loang lổ không đều; trên bề mặt tấm biotit biến đổi, dọc theo khe nứt cát khai của biotit xuất hiện epidot dạng hạt không đều và sphen dạng méo mó. Muscovit (3 - 5%) dạng tấm kéo dài, dạng lưới rách tạo đám lớn, số ít dạng méo mó loang lổ hoặc rải rác phân bố trên bề mặt plagioclas. Khoáng vật phụ gặp ít zircon dạng hạt đẳng thước, đa phần là bao thể trong biotit hoặc phân bố rải rác; sphen dạng hạt kéo dài, phân bố trên bề mặt plagioclas; apatit dạng hạt, dạng trụ phân bố rải rác; epidot dạng hạt không đều, phân bố cùng với quặng (nguồn nhiệt dịch), giao thoa không đồng nhất. Quặng tạo đám méo mó không đều (ít - ~ 1%), phân bố cùng với epidot nhiệt dịch hoặc phân bố trên đám - ô muscovit dạng tấm lớn hoặc phân bố trên các tấm biotit biến đổi, phản chiếu ánh kim khá mạnh (Ảnh 1.13-C).

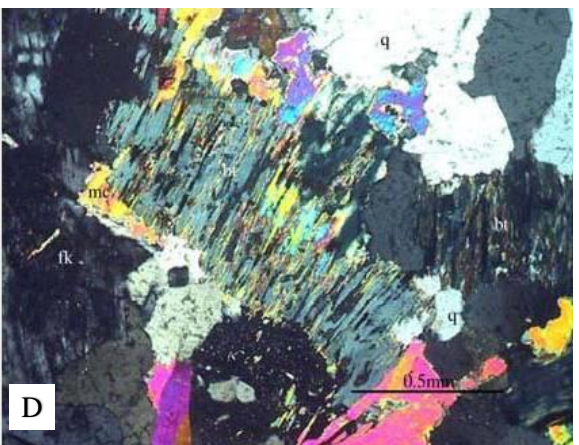
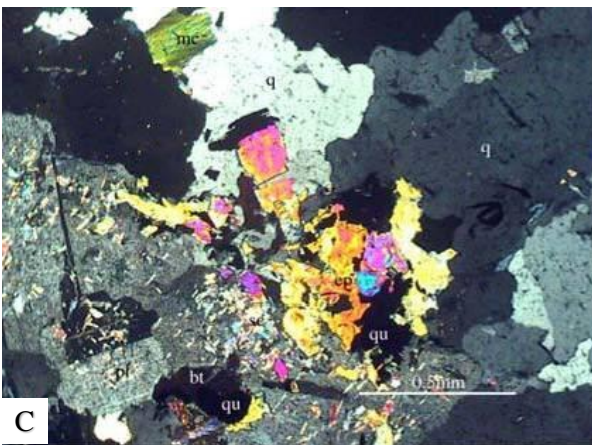
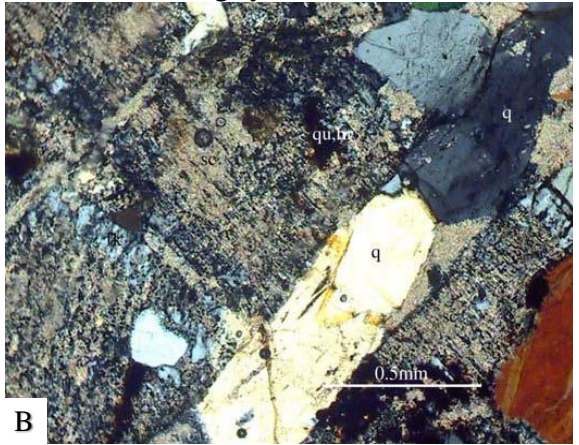
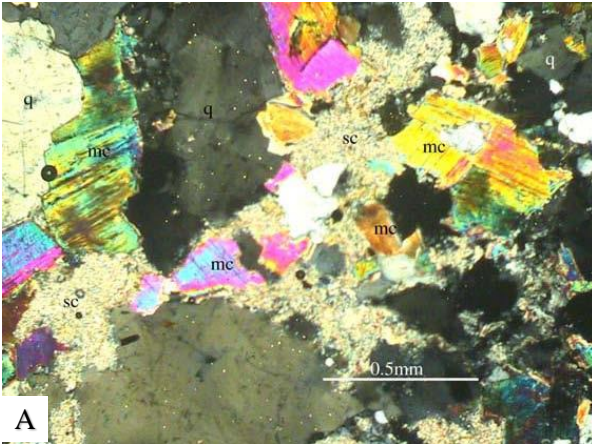
2/ Phần hạt nhỏ (granit hạt nhỏ, cấu tạo khối (Ảnh 1.14 phần b): feldspat kali (47 - 49%) dạng hạt méo mó, dạng hạt nửa tự hình, kích thước khá đều, kích thước từ 0,1mm đến 1,5mm theo bề ngang, cá biệt một số hạt có kích thước đạt 2mm; feldspat kali bề mặt bị sét hóa không đều, song tinh mạng lưới khá rõ hoặc song tinh đơn. Plagioclas (20 - 23%) dạng tấm khá tự hình, bề mặt bị sét và ít sericit hóa yếu, song tinh đa hợp rõ nét, một vài hạt tắt đới mờ. Thạch anh (26 - 27%) lấp đầy khoảng trống của các hạt khoáng vật, dạng hạt méo mó tha hình, mặt sạch. Mica gặp ít, bao gồm cả biotit và muscovit. Biotit (1 - 2%) dạng tấm nhỏ kéo dài, bị chlorit hóa mạnh và ít muscovit hóa, dọc theo khe nứt cát khai của biotit biến đổi xuất hiện epidot dạng hạt không đều và vật chất màu đen. Muscovit (1 - 2%) dạng méo mó, không màu, giao thoa cao. Khoáng vật phụ gặp sphen dạng hạt méo mó, giao thoa cao, lưỡng trục dương; epidot - zoisit dạng méo mó, phân bố rất không đều; ngoài ra còn apatit, rutil, zircon, carbonat. Quặng (~1%) dạng hạt khá tự hình hoặc dạng hạt méo mó (một số hạt phân bố xen kẽ cùng với epidot nhiệt dịch, phản chiếu ánh kim mạnh (Ảnh 1.13-D).



Ảnh 1.11: Đới biến đổi greisen hóa trong granit porphyr (NT2323)
(Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)

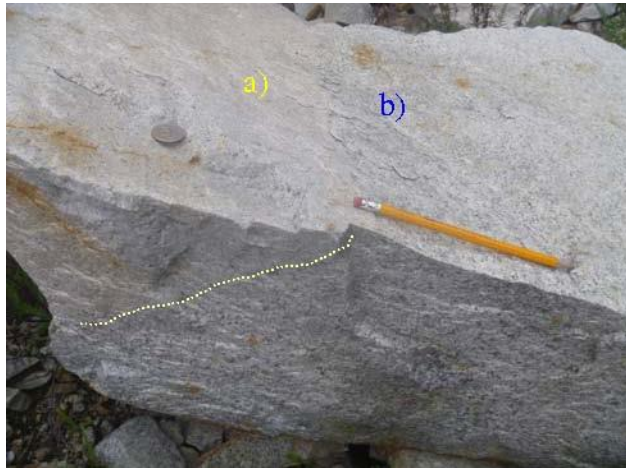


Ảnh 1.12: Biến đổi greisen hóa trong granit porphyr khu vực mỏ đá Ngọc Tú (NT2325) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 1.13: Các khoáng vật trong đới biến đổi granitod khối Ngọc Tú
A- Đới biến đổi greisen hóa trong granit porphyr: sc, mc, q; B - Đới biến đổi greisen hóa chứa quặng: fk, sc, q, qu; C- Đới biến đổi greisen sáng màu: mc, bt, q, qu; D- Đới biến đổi greisen hóa trong granit hạt trung-nhỏ: fk, mc, q, qu
(Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)

Ghi chú: thạch anh (q), plagiocla (pl), felspat kali (fk), biotit (bt), muscovit (mc), quặng (qu)



Ảnh 1.14: Hiện tượng phân đới trong khối granit khu vực chứa khoáng hóa molipden và hệ thống khe nứt phương vị 250 - 260 \angle 55- 75 cùng các đới greisen hóa



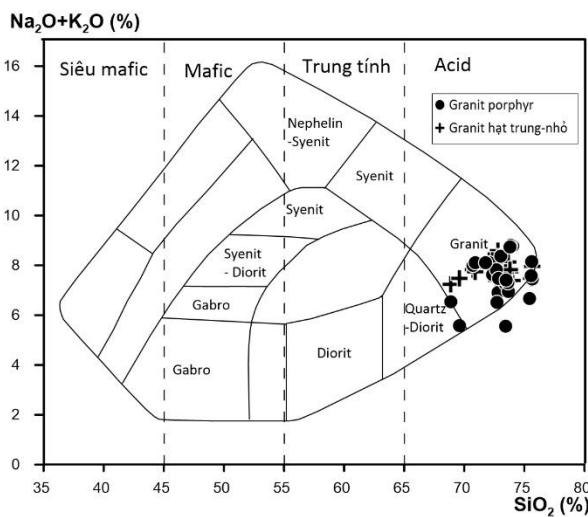
Ảnh 1.15: Đá granit phần hạt nhỏ (diện đặt bút chì trên Ảnh 3. 14 – phần b). 2Nicon. Fk - felspat, pl - plagioclas, bt - biotit, mc - muscovit, q - thạch anh

Tóm lại, granitoid ở khu vực Ngọc Tụ giữa các dạng đá, các đới có các quá trình biến đổi chông chất, không rõ ràng, gồm các tổ hợp khoáng vật biến đổi như sau: tổ hợp muscovit – thạch anh (greisen hóa), thạch anh - sericit – sulfua (biểu hiện beresit hóa hay phylit hóa), sét (biểu hiện argilit hóa), chlorit – epidot (biểu hiện propylit hóa), thạch anh có ranh giới hạt lồi lõm và lấp đầy chỗ trống cùng một số biến đổi albit hóa (biểu hiện của quá trình rửa lửa axit - kiềm hóa sớm). Đáng chú ý, hiện tượng chlorit hóa biotit trong đá gốc granit ở đây diễn ra mạnh mẽ hơn nhiều hiện tượng muscovit hóa.

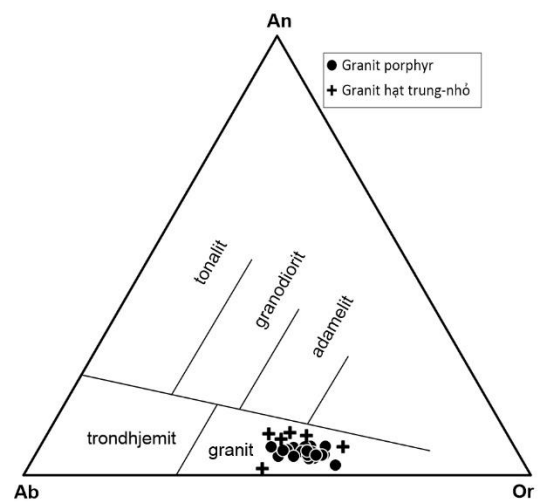
Đặc điểm thạch hoá

Tổng hợp kết quả phân tích hóa silicat cho granitoid khối Ngọc Tú [9] cho thấy hàm lượng trung bình của: $SiO_2= 72,54\%$, $TiO_2= 0,23\%$, $Al_2O_3= 13,65\%$, $Fe_2O_3= 0,84\%$, $FeO = 1,13\%$, $MgO = 0,35\%$, $CaO = 0,83\%$, $Na_2O = 2,65\%$, $K_2O = 5,08\%$ (Bảng 1.1).

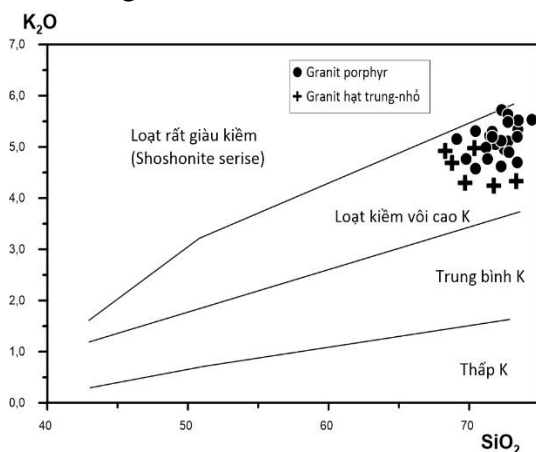
Trên biểu đồ phân loại $SiO_2 - (Na_2O+K_2O)$ của Cox (1979) (Hình 1.4) và theo phân loại thành phần (%) khoáng vật Tuttle và Bowen, 1958 (Hình 1.5), các đá granitoid khối Ngọc Tú đều rơi vào trường granit với hàm lượng SiO_2 dao động trong khoảng 69,78- 74,44, trung bình 72,54%. Mặt khác, hàm lượng tổng kiềm khá cao với chỉ số $(Na_2O+K_2O) = 7,19-8,41\%$ thuộc vào granit loạt kiềm, trong khi đó chỉ số $(K_2O/Na_2O)= 1,36-2,78$ đa phần lớn hơn 0,6 cho thấy chúng thuộc granit loạt kiềm vôi cao kali (Bảng 1.1) (Hình 1.6) đồng thời thuộc loạt magma potassic.



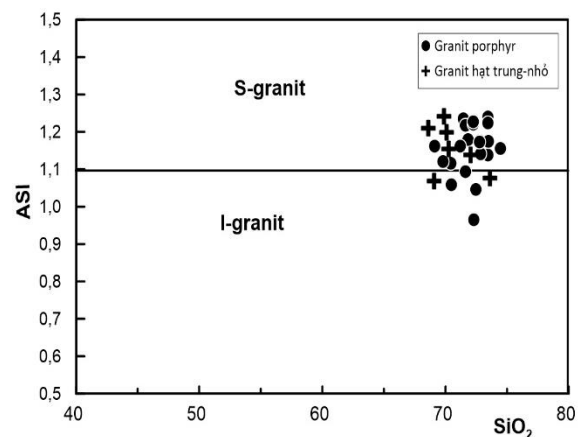
Hình 1.4: Biểu đồ phân loại granitoid khối Ngọc Tú theo Cox (1979)



Hình 1.5: Phân loại granitoid khối Ngọc Tú theo Tuttle và Bowen (1958)



Hình 1.6: Biểu đồ phân chia loạt granitoid khối Ngọc Tú theo Le Maitre (1989)



Hình 1.7: Phân loại granitoid Ngọc Tú theo Chappel và White (1974)

Bảng 1.1: Thành phần nguyên tố chính (%tl) granitoid khối Ngọc Tụ

TT	SHM	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MKN	Tổng
1	DH 2405	72,30	0,14	11,73	1,91	0,63	0,04	0,24	0,84	2,69	5,72	0,10	2,00	98,34
2	DH 2341	72,76	0,16	11,95	1,05	0,24	0,01	0,27	0,83	3,08	5,63	0,04	0,70	97,71
3	DH 2336	72,48	0,17	12,12	1,03	1,27	0,04	0,34	0,88	2,80	4,95	0,17	0,58	96,82
4	DH 2325	73,44	0,21	14,56	1,08	1,70	0,05	0,32	0,72	2,82	5,34	0,16	0,60	98,99
5	DH 2423	74,44	0,20	13,70	0,55	1,04	0,05	0,33	0,90	2,56	5,53	0,10	1,00	99,40
6	DH 2439	72,76	0,21	13,62	0,16	1,16	0,05	0,30	0,89	2,69	5,11	0,10	0,86	97,90
7	DH 2416	71,46	0,22	13,70	0,62	1,16	0,04	0,38	0,56	2,68	5,22	0,09	1,01	97,15
8	DH 2463	73,42	0,08	13,17	0,66	1,38	0,03	0,11	0,62	3,25	4,70	0,09	1,40	98,91
9	DH 2348	73,42	0,21	14,08	0,73	1,91	0,04	0,37	0,78	2,70	5,20	0,14	0,80	99,38
10	DH 2345	72,84	0,22	13,56	0,64	0,84	0,04	0,38	0,91	2,98	4,90	0,14	0,43	97,88
11	DH 2105/1	69,10	0,20	13,94	0,00	0,00	0,05	0,42	0,94	2,85	5,15	0,14	0,03	97,83
12	DH 2107/3	71,62	0,23	13,50	1,05	0,24	0,05	0,42	0,62	2,56	5,30	0,09	0,58	96,26
13	DH 2404	73,50	0,21	12,40	0,93	1,41	0,04	0,34	0,36	2,38	5,52	0,09	0,79	97,97
14	DH 2446	72,26	0,28	13,81	0,90	1,59	0,06	0,48	0,78	2,96	4,62	0,11	0,90	98,75
15	DH 2109/2	71,84	0,24	13,71	0,62	1,16	0,05	0,43	0,78	2,88	5,05	0,12	1,20	98,07
16	DH 2334	72,26	0,18	13,79	1,25	1,28	0,05	0,34	0,63	2,76	5,12	0,16	0,66	98,47
17	DH 2462	71,20	0,16	13,38	1,08	1,70	0,05	0,27	0,61	3,04	4,99	0,08	0,74	97,30
18	DH 2109	70,44	0,17	12,98	0,64	0,84	0,02	0,32	0,63	2,87	5,31	0,07	0,42	97,71
19	DH 2109-KT	71,62	0,28	12,67	0,93	1,41	0,02	0,31	0,72	2,83	5,19	0,06	1,96	98,00
20	DH 2109/1	69,78	0,22	13,11	1,91	0,63	0,03	0,36	0,72	3,17	4,76	0,05	0,57	98,31
21	DH 2302/1	71,30	0,21	14,30	0,16	1,16	0,01	0,43	0,75	2,42	4,77	0,06	0,63	97,19
22	DH 2305/3b	70,46	0,17	12,67	0,90	1,59	0,02	0,47	0,81	3,36	4,57	0,03	0,68	98,73
23	DH 2331	72,76	0,23	13,73	0,66	1,38	0,04	0,34	0,65	2,77	5,49	0,08	0,68	98,81
24	DH 2387	75,20	0,30	12,40	0,85	0,56	1,99	5,30	2,80	0,38	0,06	0,01	0,57	99,84
25	DH 2381	75,00	0,29	10,80	1,50	1,10	1,47	2,66	4,44	0,30	0,04	0,01	0,40	97,60
26	DH 2382	74,76	0,30	12,04	1,04	0,50	1,96	5,00	2,80	0,26	0,06	0,02	0,43	98,72
27	DH 2385	73,56	0,33	12,83	1,23	0,97	2,12	2,64	5,24	0,46	0,02	0,01	0,28	99,40
28	DH 2389	73,46	0,33	11,41	1,77	0,92	2,00	2,66	4,85	0,65	0,04	0,02	0,35	98,09
29	DH 2390	72,48	0,00	15,07	0,47	0,62	1,20	5,16	4,20	0,08	0,09	0,02	0,42	99,37
30	DH 2395	72,33	0,18	13,79	0,64	1,27	1,25	2,66	5,03	0,36	0,05	0,15	0,29	97,70

31	DH 2396	71,41	0,16	13,42	0,63	1,18	1,71	3,05	4,50	0,24	0,06	0,08	0,31	96,44
32	ĐT.8070	75,62	0,09	14,12	0,33	0,50		0,40	0,36	2,55	5,60	0,04	0,09	99,70
33	ĐT.8072	75,44	0,11	13,65	1,05	0,24		0,10		1,76	4,90	0,04	0,11	97,40
34	ĐT.8079	73,62	0,27	13,48	0,64	0,84	0,10	0,50	1,21	2,75	4,55	0,09	0,27	98,32
35	ĐT.8081	71,78	0,30	14,06	0,93	1,41	0,10	0,50	1,15	2,93	5,18	0,07	0,30	98,71
36	ĐT.8092	72,84	0,33	13,92	1,91	0,63	0,10	0,20	1,08	2,75	4,73	0,13	0,33	98,95
37	ĐT.8273	73,50	0,31	13,78	0,62	1,16	0,00	0,10	1,20	2,68	4,73	0,15	0,31	98,54
38	ĐT.8278	74,30	0,31	13,63	0,55	1,04	0,10		1,08	2,68	4,55	0,16	0,31	98,71
39	ĐT.9097	74,46	0,29	13,64	0,16	1,16		0,30	1,32	2,68	4,73	0,14	0,29	99,17
40	ĐT.9279	73,44	0,28	14,05	0,90	1,59		0,30	0,61	2,48	5,48	0,12	0,28	99,53
41	ĐT.9280	72,76	0,31	14,26	1,08	1,70		0,20	0,42	2,33	5,15	0,11	0,31	98,63
42	ĐT.9393	72,26	0,30	14,56	0,66	1,38		0,50	1,15	2,75	5,83	0,05	0,30	99,74
43	ĐT.1423/1	71,18	0,29	14,56	0,79	2,02		0,50	1,94	3,23	4,90	0,05	0,29	99,75
44	ĐT.459	69,48	0,58	15,03	1,25	1,28	0,10	0,70	1,06	2,62	5,57	0,09	0,58	98,34
45	ĐT.8071	73,42	0,31	12,88	1,03	1,27		0,60	1,08	2,68	5,03	0,15	0,31	98,76
46	ĐT.8075	72,76	0,22	14,24	0,73	1,91	0,10	0,30	1,46	3,03	4,80	0,03	0,22	99,80
47	ĐT.1415	73,64	0,16	15,94	0,74	0,62			0,36	3,14	4,25	0,11	0,16	99,12
48	ĐT.4095	73,54	0,31	13,84	0,94	0,69		0,30	0,72	2,68	5,05	0,11	0,31	98,49
	Min	69,10	0,08	11,73	0,16	0,2	0,02	0,1	0,36	0,08	4,25	0,03	0,03	96,26
	Max	75,62	0,58	15,94	1,91	2,02	0,10	0,70	1,94	3,36	5,83	0,17	2,00	99,80
	Trung bình	72,54	0,23	13,65	0,84	1,13	0,04	0,34	0,83	2,65	5,08	0,10	0,60	98,01

Nguồn số liệu:

Mẫu DH– thuộc đề tài TNMT.2016.03.05 [9];

Mẫu ĐT– Bản đồ địa chất 1:50.000 nhóm tờ Đắk Tô [6].

Theo hàm lượng và đặc điểm phân bố các nguyên tố hiếm - vết (Bảng 1.2) cho thấy, các đá granit khu vực nghiên cứu có các đặc trưng nguyên tố vết: khá nghèo các nguyên tố trường lực mạnh như Ta (1,72-4,53ppm), Nb (15,11-22,61ppm), Zr (29,81-163,57ppm), Y (9,86-64,22ppm) và Hf (1,28-4,40ppm).

Bảng 1.2: Các tham số so sánh nhóm nguyên tố hiếm-vết (ppm) trong granitoid khối Ngọc Tụ

TT	SHM	K ₂ O	Ba	Rb	Sr	Ta	Nb	Hf	Zr	Y	K/Rb	Rb/Sr	Rb/Ba
1	DH 2405	5,72	379,05	403,71	72,61	2,39	15,34	3,66	133,73	26,28	137,36	5,56	1,07
2	DH 2341	5,63	119,34	345,68	-	1,72	16,29	3,19	136,17	31,23	108,56	-	2,90
3	DH 2336	4,95	200,54	430,66	43,21	4,10	20,15	2,46	91,97	20,33	95,96	9,97	2,15
4	DH 2325	5,34	360,39	428,47	67,87	3,18	22,61	4,40	139,12	23,77	108,23	6,31	1,19
5	DH 2423	5,53	394,20	409,45	76,76	2,41	16,71	4,16	147,53	30,21	117,93	5,33	1,04
6	DH 2439	5,11	310,40	389,43	67,96	2,43	17,62	3,85	132,08	30,86	111,36	5,73	1,25
7	DH 2416	5,22	387,20	381,17	77,21	3,20	17,41	3,62	146,38	30,89	98,03	4,94	0,98
8	DH 2463	4,70	-	442,14	18,77	4,53	17,87	1,28	29,81	9,86	105,51	6,56	-
9	DH 2348	5,20	285,64	369,57	62,84	2,11	17,34	3,60	134,17	64,22	123,16	5,88	1,29
10	DH 2345	4,90	329,19	350,57	72,59	3,80	21,68	3,31	137,62	52,72	112,69	4,83	1,06
11	DH 2105/1	5,15	242,78	360,61	65,77	1,85	16,81	2,75	130,98	23,57	112,34	5,48	1,49
12	DH 2107/3	5,30	302,43	380,65	69,77	2,69	18,17	3,46	140,63	35,62	108,46	5,46	1,26
13	DH 2404	5,52	386,15	405,82	44,22	2,11	15,11	3,93	136,03	32,37	118,19	9,18	1,05
14	DH 2446	4,62	312,70	387,71	74,36	3,29	17,28	3,72	140,58	29,14	105,69	5,21	1,24
15	DH 2109/2	5,05	310,09	362,65	79,09	3,69	17,03	3,95	127,62	27,90	93,85	4,59	1,17
16	DH 2334	5,12	261,34	446,43	49,44	2,82	17,76	3,26	121,42	21,70	105,41	9,03	1,71
17	DH 2462	4,99	226,25	403,48	55,26	3,95	18,45	2,44	89,38	26,63	99,03	7,30	1,78
18	DH 2331	5,31	338,59	352,81	86,44	2,21	17,56	4,25	163,57	26,09	-	4,08	1,04
	Min		119,34	345,68	18,77	1,72	15,11	1,28	29,81	9,86	93,85	4,08	0,98
	Max		394,20	446,43	86,44	4,53	22,61	4,40	163,57	64,22	137,36	9,97	2,90
	Trung bình		302,72	391,72	63,78	2,92	17,84	3,40	126,60	30,19	109,52	6,22	1,39

Nguồn số liệu:

Mẫu DH – thuộc đề tài TNMT.2016.03.05; phương pháp ICP - MS (Viện địa chất Viễn đông, Nga) [9]

Bảng 1.3: Các tham số so sánh nhóm nguyên tố đất hiếm (ppm) trong granitoid khối Ngọc Tú

TT	SHM	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*	Yb/Lu _N	La/Sm _N	La/Yb _N	ΣREE
1	DH 2405	40,18	83,80	9,45	31,04	6,36	0,60	5,51	0,88	4,65	0,89	2,62	0,43	2,40	0,30	0,31	1,23	3,95	11,39	189,10
2	DH 2341	82,36	59,44	17,21	49,34	10,57	0,84	7,80	1,18	6,35	0,88	3,18	0,36	2,42	0,33	0,28	1,11	4,87	23,12	242,26
3	DH 2336	27,12	51,64	6,96	23,33	4,82	0,50	4,67	0,70	3,50	0,72	2,04	0,38	1,50	0,27	0,32	0,86	3,51	12,30	128,13
4	DH 2325	41,26	87,39	10,33	33,58	7,98	0,57	5,75	0,82	5,05	0,81	2,66	0,29	1,89	0,26	0,26	1,10	3,23	14,86	198,64
5	DH 2423	45,03	91,65	11,13	35,91	7,72	0,66	6,25	0,80	5,98	0,92	2,85	0,37	2,55	0,38	0,29	1,04	3,64	12,00	212,19
6	DH 2439	42,32	89,50	10,76	34,91	7,40	0,61	6,13	0,88	5,31	1,16	3,48	0,45	2,43	0,39	0,28	0,97	3,57	11,81	205,70
7	DH 2416	46,99	95,60	11,13	36,08	8,20	0,58	5,76	0,87	5,64	0,90	3,40	0,28	2,63	0,36	0,26	1,11	3,58	12,16	218,40
8	DH 2463	5,58	11,55	1,57	6,68	1,51	0,12	1,26	0,24	1,56	0,32	1,04	0,13	0,97	0,14	0,26	1,02	2,31	3,92	32,67
9	DH 2348	41,79	77,89	11,91	48,99	12,56	1,48	14,70	2,28	11,31	1,93	4,92	0,61	3,15	0,50	0,33	0,97	2,08	9,00	234,02
10	DH 2345	41,10	83,99	10,68	37,84	8,79	0,87	8,93	1,50	7,40	1,54	4,69	0,62	3,48	0,52	0,30	1,02	2,92	8,03	211,95
11	DH 2105/1	30,26	63,63	7,64	24,32	5,45	0,48	4,75	0,64	3,80	0,62	1,95	0,23	1,79	0,12	0,29	2,22	3,47	11,46	145,68
12	DH 2107/3	40,65	81,98	9,78	33,24	6,96	0,62	5,41	0,96	5,46	1,11	2,65	0,48	2,28	0,45	0,31	0,78	3,65	12,14	192,02
13	DH 2404	41,50	83,95	10,92	39,76	8,25	0,59	6,58	1,13	5,54	1,19	3,60	0,43	2,75	0,39	0,24	1,09	3,14	10,24	206,57
14	DH 2446	34,46	72,75	8,65	31,51	6,71	0,61	5,58	0,95	5,26	0,85	2,65	0,46	2,39	0,41	0,30	0,90	3,21	9,78	173,24
15	DH 2109/2	36,43	74,59	8,69	30,64	6,25	0,64	5,79	0,89	5,50	1,12	2,95	0,41	3,06	0,41	0,32	1,15	3,64	8,08	177,38
16	DH 2334	27,66	56,64	7,46	24,24	5,80	0,49	5,04	0,70	4,05	0,69	1,97	0,28	1,31	0,31	0,28	0,64	2,98	14,36	136,65
17	DH 2462	27,25	56,05	6,75	24,16	5,73	0,51	4,65	0,83	5,10	0,95	2,96	0,35	2,81	0,34	0,30	1,25	2,97	6,59	138,43
18	DH 2331	42,16	81,09	9,88	32,24	7,19	0,65	4,87	0,82	4,77	0,77	2,55	0,35	2,24	0,35	0,33	0,98	3,66	12,81	189,93
	Min	5,58	11,55	1,57	6,68	1,51	0,12	1,26	0,24	1,56	0,32	1,04	0,13	0,97	0,12	0,24	0,64	2,08	3,92	32,67
	Max	82,36	95,60	17,21	49,34	12,56	1,48	14,70	2,28	11,31	1,93	4,92	0,62	3,48	0,52	0,33	2,22	4,87	23,12	242,26
	Trung bình	38,56	72,40	9,49	32,10	7,12	0,63	6,08	0,95	5,34	0,97	2,90	0,38	2,34	0,35	0,29	1,08	3,36	11,34	179,61

Nguồn số liệu:

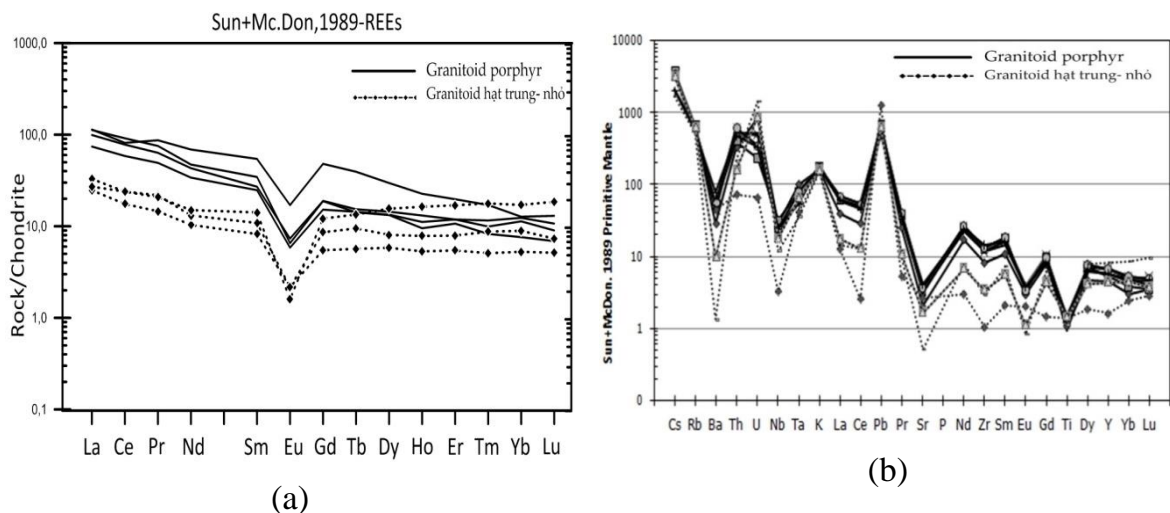
Mẫu DH – thuộc đề tài TNMT.2016.03.05; phương pháp ICP - MS (Viện địa chất Viễn đông, Nga) [9].

Trên biểu đồ phân bố đất hiếm chuẩn hóa theo thành phần của Chondrit (Hình 1.8-a) có thể thấy: đá granitoid khu vực nghiên cứu chúng có hàm lượng các nguyên tố đất hiếm khá tương đồng nhau, đều giàu đất hiếm nhẹ so với đất hiếm nặng, tỷ số $(La/Yb)_N = 3,92 - 23,12$; $(La/Sm)_N = 2,08 - 4,87$; với dị thường âm của Eu (trung bình $Eu^*/Eu = 0,24 - 0,33$) (Bảng 1.3).

Các nguyên tố đất hiếm được chuẩn hóa với chondrite cho đường biểu diễn có độ nghiêng âm từ nhóm nguyên tố đất hiếm nhẹ (LREE: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) và nhóm nguyên tố đất hiếm chuyển tiếp (MREE: Gd, Tb, Dy, Ho) sang nhóm đất hiếm nặng (HREE: ..., Tm, Yb, Lu), xuất hiện dị thường âm Eu thể hiện sự phân dị nhẹ nguồn magma (Hình 1.8-a).

Với tổng hàm lượng đất hiếm $\Sigma REE = 32,3-242,26$ (Bảng 1.3) có thể thấy, chúng tương đương với sản phẩm của hoạt động magma của loạt kiềm vôi. Điều này còn được thể hiện ở hàm lượng các nguyên tố Nb, Ta, Zr, Y và Hf ở trên và thể hiện rõ trên biểu đồ đa nguyên tố chuẩn hóa theo thành phần Manti nguyên thủy (Hình 1.8-b), ngoại trừ dị thường âm Sr có thể do kết tinh phân đoạn của plagiocla (Sr thay thế cho Ca trong plagiocla), đặc trưng cho plagiocla ở mức nông.

Các đặc điểm thạch học- khoáng vật và đặc điểm địa hóa nêu trên chứng tỏ các granit khu vực nghiên cứu đều thuộc về một kiểu tổ hợp và được hình thành từ cùng một kiểu magma.

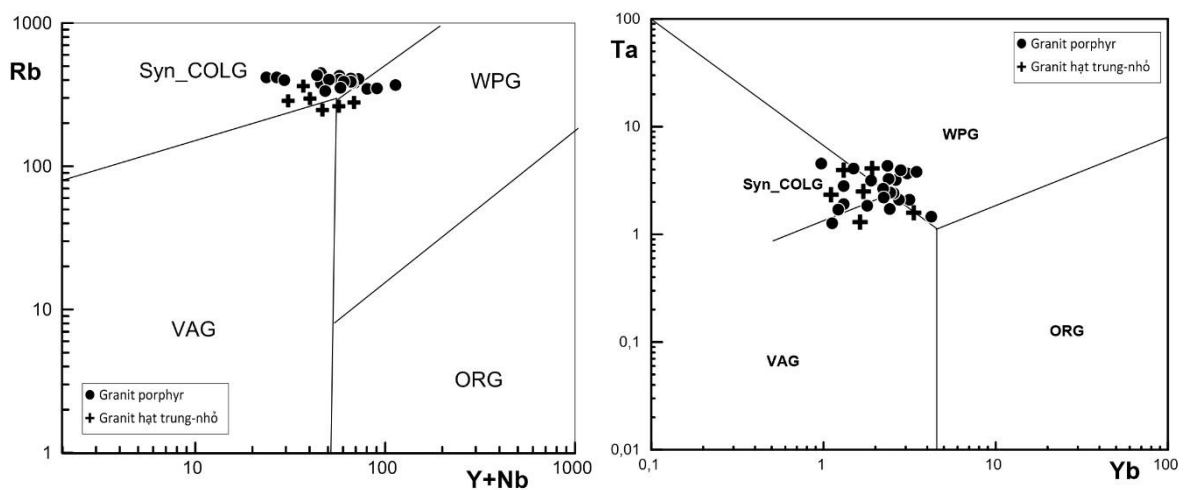


Hình 1.8: Biểu đồ đất hiếm chuẩn hóa theo Chondrite (a) và đa nguyên tố chuẩn hóa theo Manti nguyên thủy (b) của granitoid khối Ngọc Tú

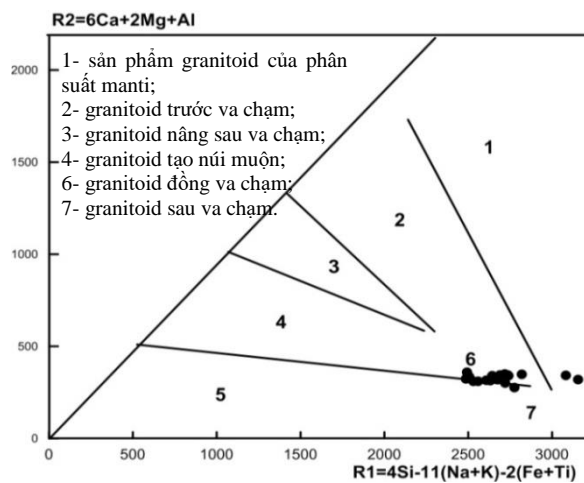
Nguồn gốc và bối cảnh kiến tạo

Với các đặc trưng địa hóa khá cao Al, K chỉ số Lacroix - LI đa phần $>0,6$, khá giàu các nguyên tố có bán kính ion lớn (LILE) và nhóm đất hiếm nhẹ (LREE), các đá granit tương ứng với granit kiềm - vôi cao kali là sản phẩm kết tinh từ dung thể có nguồn gốc hỗn hợp manti - vỏ. Mặt khác, tỷ lệ $(Yb/Lu)_N = 0,64-2,22$ gần như không đổi, trong khi đó tỷ lệ $(La/Yb)_N = 3,92-23,12$ có biến động lớn chứng tỏ chúng có nguồn gốc nóng chảy từ vật liệu trộn lẫn manti - vỏ. Xét theo đặc điểm nghèo Nb, Ta, Hf và có thể thấy rằng chất nền của các granit này có thành phần gần gũi với chất nền thường được giả định cho các granit loại kiềm vôi điển hình.

Theo phân loại bối cảnh kiến tạo granitoid khối Ngọc Tụ thuộc kiểu granit đồng chạp (Syn-COLG). (Hình 1.9; Hình 1.10).



Hình 1.9: Biểu đồ phân chia bối cảnh kiến tạo granitoid (Pearce, 1984)



Hình 1.10: Biểu đồ phân chia bối cảnh kiến tạo Bachelor Bowden, 1985

Về tuổi thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ:

Trong các công trình nghiên cứu trước đây như công tác lập bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000, Nguyễn Văn Trang và nnk (1984) và tỷ lệ 1:50.000 Nguyễn Văn Lộc (1998) [6] xếp granitoid khối Ngọc Tụ vào phức hệ Bà Nà. Kết quả gần đây về tuổi đồng vị bằng phương pháp U-Pb trên zircon của Trần Hoàng Vũ (2015) [20] là $240,5 \pm 0,8$ Tr.n và Nguyễn Văn Niệm (2018) [9] là 241 ± 4 Tr.n. Như vậy, có thể nhận định rằng tuổi đồng vị bằng phương pháp U-Pb trên zircon của granitoid khối Ngọc Tụ có tuổi tuyệt đối là $240 \div 241$ Tr.n, tương đương với Trias giữa (T_2).

Tóm lại: Khối granitoid Ngọc Tụ gồm các kiểu đá chính là granit porphyr, granit hạt trung- nhỏ và đá mạch.

Thành phần khoáng vật chính gồm: plagiocla: 20-31%, felspat kali (orthoclas + microclin): 34-49%, thạch anh từ 26-30%, biotit: 1-2%, muscovit từ 1-2%. Biotit thường bị chlorit hóa. Các khoáng vật phụ: zircon, apatit, monazit, sphen...

Theo phân loại granit là dạng đá granit cao silic (SiO_2 trung bình 72,54%) với tổng lượng kiềm trung bình cao ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7,19-8,41\%$). Trong đó lượng kali thường trội hơn natri ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1,36-2,78$), thuộc loại magma potassic, thuộc loại vôi kiềm cao kali, thuộc loại magma oxy hóa, phân loại bối cảnh kiến tạo granitoid khối Ngọc Tụ thuộc kiểu granit đồng va chạm. Tuổi thành tạo theo các công trình nghiên cứu mới có tuổi Trias giữa (T_2).

1.2.3. Kiến tạo

Trên diện tích nghiên cứu, các hệ thống đứt gãy phát triển theo hai hệ thống: á kinh tuyến và tây bắc-đông nam.

a. Đứt gãy á kinh tuyến

Đứt gãy á kinh tuyến thuộc loại đứt gãy sâu. Trong vùng nghiên cứu chúng chủ yếu bị phủ bởi trầm tích Đệ tứ, hệ tầng Kon Tum. Tuy nhiên, xét toàn đới cấu trúc Pô Cô, các đứt gãy của hệ thống này, nhất là các đứt gãy bậc cao đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành cấu trúc khu vực và khống chế quặng. Các đứt gãy bậc 1, bậc 2 thuộc hệ á kinh tuyến cắm khá dốc từ 65° đến 90° , biên độ dịch chuyển thẳng đứng từ 4 km đến 7 km, kéo dài từ hàng trăm đến hàng chục km.

Đứt gãy Pô Cô là một đứt gãy sâu, cắm gần thẳng đứng (80°) và có xu hướng

ngiên về phía tây, biên độ dịch chuyển thẳng đứng từ 6 đến 7 km, chiều sâu phát triển trên 35 km. Nó là một trong các đứt gãy chính đóng vai trò quan trọng trong bình đồ cấu trúc chung của khu vực, quyết định phương cấu trúc á kinh tuyến của vùng nghiên cứu. Hoạt động của nó là yếu tố chính trong việc hình thành trũng Kon Tum. Dọc theo đứt gãy là hàng loạt các thể xâm nhập, thành phần đa dạng, đặc biệt có thể siêu mafic. Kéo theo Pô Cô là hàng loạt các đứt gãy phụ F2, F3, đồng thời nó cũng tạo nên nhiều giao cắt với các đứt gãy khác. Do vậy đứt gãy sâu Pô Cô là tiền đề quan trọng trong quá trình tạo khoáng của vùng nghiên cứu.

b. Hệ đứt gãy tây bắc -đông nam

Trên vùng nghiên cứu còn phát triển đứt gãy tây bắc - đông nam. Góc cắm từ 45° đến 90° , phổ biến khoảng 70° đến 80° .

Hầu hết các đứt gãy được thể hiện rất rõ ràng trên các trường địa vật lý. Tuy nhiên hầu hết chúng đều bị các đứt gãy của hai hệ thống đông bắc-tây nam và á kinh tuyến làm dịch chuyển. Điều đó cho thấy các đứt gãy của hệ thống này có thời gian hoạt động khá sớm, chỉ sau hệ á vĩ tuyến. Chúng không đóng vai trò gì về cấu trúc địa chất trên diện tích nghiên cứu. Theo tài liệu biến dạng kiến tạo, các khe nứt của hệ này chủ yếu là các khe nứt tách, được thành tạo do lực ép kiến tạo có phương đông bắc.

Các đứt gãy thường tái hoạt động ở các pha kiến tạo khác nhau và ngay trong cùng một hệ, ở các pha khác nhau, đặc điểm kiến tạo của chúng cũng có thể khác nhau.

1.2.4. Khoáng sản

Trên cơ sở tổng hợp các báo cáo và công trình [2,3,6,8,9,12] thì khoáng sản khu vực nghiên cứu được phát hiện đó là molipdenit đi kèm là vàng, wolfram, đồng, bismut, có nguồn gốc nhiệt dịch, liên quan tới các đới cà nát, đập vỡ, albit hoá, phân bố trong các đới nội tiếp xúc của các đá granit hạt trung-nhỏ thuộc granitoid khối Ngọc Tụ.

- Khoáng hoá vàng khu Nam Đak Pung nằm phía tây nam diện tích Ngọc Tụ 1, thuộc thôn Đak Pung, Ngọc Tụ, Đak Tô, Kon Tum.

Khu vực có sự phân bố của một loạt các khối xâm nhập granit, granodiorit với kích thước nhỏ $0,1-0,5\text{km}^2$ thuộc phức hệ Bến Giằng-Quế Sơn, các đá granit

hạt trung- nhỏ thuộc granitoid khối Ngọc Tụ, Đăk Tô, Kon Tum. Tại các vị trí tiếp xúc với khối xâm nhập nhỏ đá phiến bị epidot hoá, clorit hoá mạnh. Trong đá xâm tán khá dày các khoáng vật sulfur: pyrit, chalcopyrit hạt nhỏ tha hình. Kết quả phân tích hấp thụ nguyên tử cho hàm lượng Au: 0,5 g/t, Ag: 1g/t.[6]

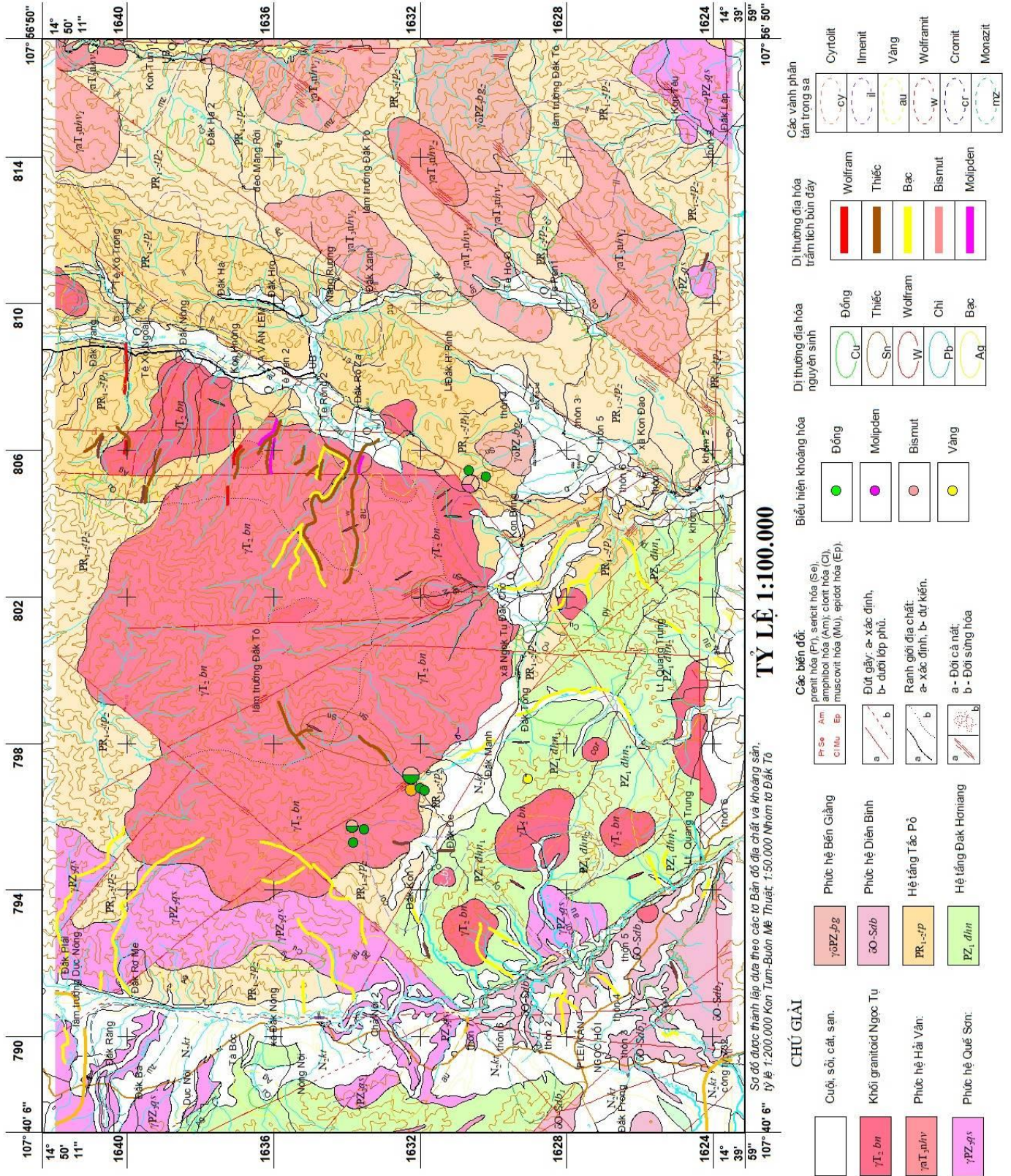
- Khoáng sản molipdenit (đồng, wolfram, bismut) khu Đăk Dé, có diện tích 3km², phân bố ở phía tây bắc diện tích Ngọc Tụ, Đăk Tô, Kon Tum.

Đá vây quanh là các đá granit biotit hạt trung-nhỏ thuộc granitoid khối Ngọc Tụ. Hoạt động kiến tạo diễn ra rất mạnh mẽ với sự xuất hiện các đứt gãy, đặc biệt là hệ thống đứt gãy tây bắc-đông nam, các đới cà nát, dập vỡ, là điều kiện thuận lợi để phát triển các mạch nhiệt dịch mang molipdenit (khoáng sản đi kèm là đồng, wolfram, bismut).

Khoáng hóa chủ yếu nằm trong các mạch, mạng mạch nhiệt dịch thạch anh - sulfur, có kích thước từ vài cm đến 15 - 30cm tạo nên đới mạch rộng 5÷10m, đôi khi chúng ở dạng xâm tán trong đá granit, phân bố trong đới nội tiếp xúc giữa đá granit hạt trung - nhỏ và đá phiến kết tinh của hệ tầng Tắc Pô. Thành phần khoáng vật quặng gồm: pyrit, chalcopyrit, molipdenit, bismutin.

- Điểm khoáng hóa molipdenit (đồng, wolfram, bismut) mỏ đá Ngọc Tụ, Đăk Tô, Kon Tum. Khoáng hóa phân bố trong đới nội tiếp xúc của đá granit hạt trung - nhỏ thuộc granitoid khối Ngọc Tụ với các đá biến chất hệ tầng Tắc Pô. Điểm bao gồm các đới vi mạch thạch anh-molipdenit có chiều rộng 12 - 20m, chiều dài khoảng 150m phát triển dọc theo đới dập vỡ của đứt gãy phương tây bắc-đông nam. Chiều dày của các mạch nhỏ phổ biến từ 10 đến 35cm và có dạng mạch - xâm tán, chủ yếu phát triển theo khe nứt với thế nằm 280 – 290°/65-75.

Thành phần khoáng vật: molipdenit màu xám bạc, thường tạo thành ổ nhỏ 0,2-1,5mm xâm tán khá dày trong mạch, wolframit màu đen tinh thể dạng kim que phân bố ở rìa mạch, pyrit hạt nhỏ dạng tha hình chalcopyrit màu vàng dạng vết bám, malachit xanh lá cây, bornit xanh cổ vịt, ngoài ra còn gặp fluorit màu tím.



Hình 1.11: Sơ đồ địa chất khoáng sản khu vực granitoid khối Ngọc Tú [6]

Tóm lại, trên cơ sở các công trình nghiên cứu trước và kết quả của luận án cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ thuộc phức hệ Bà Nà: gồm các kiểu đá chính là granit porphyr, granit hạt trung- nhỏ và đá mạch. Thành phần khoáng vật chính gồm: plagiocla, feldpat kali (orthoclas + microclin), thạch anh, biotit, muscovit. Các khoáng vật phụ: zircon, apatit, monazit, sphen. Theo phân loại granit là dạng đá granit cao silic, thuộc loại vôi kiềm cao kali, thuộc loại magma oxy hóa, phân loại bối cảnh kiến tạo granitoid khối Ngọc Tụ thuộc kiểu granit đồng va chạm, tuổi thành tạo là Trias giữa (T_2).

Có các kiểu biến đổi cạnh mạch như: greisen hóa yếu (chiều rộng 5-10cm), sericit hoá, chlorit hoá.

Về mặt khoáng sản liên quan: Các nghiên cứu trước đã phát hiện một số điểm khoáng hoá liên quan mạch thạch anh - molipden-wolfram-bismut trong các đới cà nát, đập vỡ, albit hoá, phân bố trong các đới nội tiếp xúc của các đá granit hạt trung-nhỏ thuộc granitoid khối Ngọc Tụ; cũng như các dải dị thường phổ gamma phân bố dọc các đới cà nát và phân tích một số mẫu hóa xạ urani trong các mạch thạch anh –molipdenit.

Kết quả nghiên cứu về đồng vị bền S trong pyrit, đồng vị O trong thạch anh, đồng vị Re-Os trong molipdenit cho thấy quặng hóa tương ứng Trias giữa.

Cần có nghiên cứu tích hợp như chuyên hóa địa hóa, thạch hóa, kiểu magma, đặc tính oxy hóa – khử của magma để làm rõ mối quan hệ nguồn gốc khoáng hóa dạng mạng mạch molipdenit (Mo-W-Bi (U) và magma cho thấy khối granitoid Ngọc Tụ.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý luận

2.1.1. Tính chuyên hóa địa hóa và chuyên hóa sinh khoáng

a. Tính chuyên hóa địa hóa

Vấn đề “chuyên hoá địa hóa” đã xâm nhập đã được đề cập trong công trình của Koptchev-Dvornikov V.C. và Rub M.G.[41], “Bàn về chuyên hóa sinh khoáng và chuyên hóa địa hóa các phức hệ magma” trong “Chuyên hóa sinh khoáng các phức hệ magma”. M. Nedra, 1964, trang 7-24: “Chuyên hóa địa hóa được hiểu là đặc điểm hành vi của các nguyên tố vi lượng trong đá, khi hàm lượng trung bình của chúng cao hơn trị số Clark”. V.S Koptev – Dvornikov và M. G. Rub còn khẳng định: “Chuyên hóa địa hóa có giá trị thực tiễn quan trọng đối với việc xử lý các dấu hiệu tìm kiếm và thăm dò mới trong đó có các dấu hiệu địa hóa”

Chuyên hóa địa hóa là các mức vượt trội hàm lượng ban đầu của các nguyên tố khoáng so với hàm lượng Clark hành tinh hoặc Clark của vùng lãnh thổ.

Chuyên hóa khoáng vật phụ chỉ ra rằng trong những điều kiện thuận lợi chuyên hóa địa hóa có thể đạt cực đại và đi kèm với sự thành tạo khoáng vật phụ.

Chuyên hóa sinh khoáng là hàm lượng của nguyên tố khoáng đạt tới mức mà khi có các điều kiện địa chất và hóa lý thuận lợi sẽ tạo nên mỏ khoáng.

Theo “Từ điển địa chất” của Nhà xuất bản “M. Nedra” năm 1978[50]: “Chuyên hoá địa hóa magma là đặc tính của magma có hàm lượng của các nguyên tố cao hơn (chuyên hoá địa hóa dương) hoặc thấp hơn (chuyên hoá địa hóa âm) so với trị số Clark”.

Theo Kazitryn Iu.V. và nnk. (1975): Với các phức hệ magma riêng lẻ thì hợp lý hơn và có ý nghĩa thực tiễn hơn khi phân biệt *chuyên hóa địa hóa toàn phần* và *chuyên hóa địa hóa từng phần*. Chuyên hóa địa hóa toàn phần của các phức hệ xâm nhập và đá phun trào được hiểu là hàm lượng trung bình của các nguyên tố trong tất cả các pha và các tương của xâm nhập riêng lẻ đều cao hơn Clark. Chuyên hóa địa hóa từng phần đặc trưng bởi tính chuyên hóa địa hóa của các nguyên tố riêng biệt chỉ có trong các pha riêng biệt.

Về phương thức gây nên chuyên hóa địa hóa có thể phân chia ra: 1) chuyên hóa liên quan với đặc điểm thạch địa hóa của magma ban đầu; 2) chuyên hóa đồng

hóa (dưới sâu và cục bộ); 3) chuyên hóa sinh ra trong quá trình phân dị magma.

Hiện nay, trên Thế giới đang tồn tại hai quan điểm chính về khả năng tạo quặng liên quan đến chuyên hóa địa hóa dương hay chuyên hóa địa hóa âm của nguyên tố tạo quặng trong đá. Mặc dù vậy, thực tế của nhiều mỏ quặng ở nhiều nơi trên Thế giới cũng như ở Việt Nam cho thấy các đá magma có hệ số tập trung cao của Sn, W hoặc U, Th thường có quan hệ mật thiết về thời gian và không gian với các mỏ khoáng sản đó.

Có rất nhiều nhà địa hóa trên thế giới đã đề xuất hàm lượng trung bình của nguyên tố hóa học cho từng loại đá và khởi đầu là Clark. Từ các nguồn tài liệu: Vinogradov (1962), Beus (1976), H.J.M. Bowen (1979), L.X. Borodin (1981), Gmelns Handbook (1981), A.A. Ronov (1988), A.A. Iaroshevski (1990), L.N. Ovtrnikov (1990), V.V. Ivanov (1994, 1996, 1997) v.v... Năm 2000, A.A. Golovin đã tổng hợp để thành lập bảng trị số Clark với lượng mẫu đầy đủ nhất và đang được các nhà địa hóa trên thế giới chấp nhận.

Trong luận án này, NCS sử dụng bảng trị số Clark mới nhất được A.A. Golovin (2000) tổng hợp từ các nguồn tài liệu địa hóa trên thế giới và đã được sử dụng ở trong các nghiên cứu [8,9].

Bảng 2.1: Trị số clark các nguyên tố hóa học (theo A.A. Golovin, 2000).

Nguyên tố	Đá magma				Đá trầm tích			Vô
	Đá siêu bazơ	Đá bazơ	Đá trung tính	Đá axit	Đá sét, phiến sét	Đá cát kết	Đá carbonat	
P	100	1 270	1 050	870	610	400	500	1 000
Ti	1 600	10 900	5 500	2 000	4 000	5 000	1 600	4 900
Ag	0,06	0,1	0,017	0,04	0,07	0,1	0,01	0,073
As	2,0	2,0	1,9	1,6 ²	5,0	1,2	2,0	1,8 ²
B	5	5	15	15	50	35	20	12 ¹
Ba	45	290	400	700	550	300	50	470
Be	0,2	0,4	1,8	3,5	3	2	0,6	2
Bi	0,014	0,05	0,18	0,66	0,36	0,17	0,05	0,2
Cd	0,06	0,18	0,13	0,17	0,3	0,1	0,03	0,16
Ce	1,5	31	40	72	73	35	12,5	70
Co	80	30	20	10	19	9	1,0	23
Cr	2 500	230	100	14	200	35	11	93

Cu	80	90	60	25	55	25	7,0	53
Ga	2,5	18	18	19	30	10	0,36	18
Ge	1,3	1,5	1,5	1,5	2,2	1,4	0,2	1,8
La	0,92	17	25	35	35	15	8,0	30
Li	4,3	20	20	80	55	30	17	25
Mo	0,8	1,3	1,0	1,5	1,5	1,3	0,4	1,2
Nb	0,4	7,0	9,0	20	13,6	18	0,6	16
Ni	1230	80	61	8,0	70	35	20	56
Pb	0,4	6,0	16	20	15	13	13,8	16
Sb	0,1	0,35	0,2	0,3	1,35	0,2	0,15	0,3
Sc	30	30	15	7,0	12	7	1,0	17
Sn	0,3	2,0	2,5	3	6	2,3	0,5	2,3
Sr	17	460	440	270	260	250	370	370
Ta	0,2	1,0	1,0	2,5	2	2,0	0,16	2,2
V	87	300	150	70	150	30	30	190
W	0,3	1,0	1,2	2,0	3,5	2,5	0,6	1,4
Y	3,8	27	28	40	26	18	7,9	32
Zn	50	84	73	58	95	40	20	68

Ghi chú: Đơn vị tính (ppm)

b. Tính chuyên hóa sinh khoáng

Thuật ngữ “chuyên hóa sinh khoáng” được một số ít tác giả sử dụng như là từ đồng nghĩa với “chuyên hóa địa hóa”, một số tác giả khác chỉ sử dụng cho khoáng sản. Về bản chất, chuyên hóa sinh khoáng là một trường hợp đặc biệt của chuyên hóa địa hóa và thuật ngữ này được khuyến cáo chỉ nên dùng khi bàn về chuyên hóa có liên quan với mỏ khoáng sản.

Theo “**Từ điển địa chất**”. 2 tập. M. Nedra, 1978[50]: *Chuyên hóa sinh khoáng magma* là trường hợp đặc biệt của chuyên hóa địa hóa đá magma, chỉ liên quan đến các thành phần kim loại liên quan đến các mỏ quặng. Một số tác giả còn bổ sung cho thuật ngữ chuyên hóa sinh khoáng là tổng các quá trình tạo khả năng tạo quặng của magma, kết thúc bằng việc hình thành các mỏ quặng.

c. Các phương pháp xác định kiểu sinh khoáng

Có nhiều phương pháp xác định tính kiểu sinh khoáng của các phức hệ magma: theo modul thạch địa hóa của Karaeva Z.G. (1968) [40], của Permiakov

B.N. (1986) [46] hoặc theo các biểu đồ sinh khoáng của Pokalov V.T. (1973), của Meinert (1995) [29], của Twist và Kleeman (1989) v.v.

+ Với hơn 1200 mẫu địa hóa ở Đông Xaian, Liên bang Nga, Karaeva Z.G. [40] đã xác định được tỷ lệ các nguyên tố kiềm và kiềm thổ có liên quan với tiềm năng sinh khoáng của các thành tạo granitoid. Theo đó, các tiềm năng sinh khoáng của granitoid kim loại hiếm được chia ra 10 trường với các giá trị của 2 cấu tử $A=Na+K-Ca$ và $B=(Na-Ca)/K$ như sau:

Bảng 2.2: Tiềm năng sinh khoáng kim loại hiếm granitoid theo Karaeva Z.G.[40]

Số hiệu	Kiểu sinh khoáng
I	Granodiorit không biến đổi $A= 100-130, B= 0,65-0,8$
II	Monsonit và adamelit không biến đổi: $A= 130-165, B= 0,35-0,7$
III	Granit không bị biến đổi $A= 165-190, B= 0,35-0,7$
IV	Alaskit không bị biến đổi $A= 200-220, B= 0,7-0,9$
V	Granosyenit biến đổi (chứa khoáng hóa casiterit-sulfur, Mo, W và đa kim) $A> 200, B= 0,1-1,0$
VI	Granit biotit và granit sáng màu bị biến đổi (chứa mỏ W, Mo, Be, Sn thành hệ silicat và đa kim, chứa mica và một phần pegmatit kim loại hiếm) $A=100-160, B>0,85$
VII	Granit-alaskit bị biến đổi (chứa mỏ thành hệ silicat và thành hệ thạch anh, của pegmatit kim loại hiếm và pegmatit pha lê) $A= 200-220, B>0,95$
VIII	Granit chứa của mỏ W, Mo, Be: $A= 100-160, B>0,85$
IX	Granitoid chứa Ta có mica Li: $A\geq 220, B>1,1$
X	Granit chứa Ta có khoáng vật màu kiềm: $A>220, B>1,1$

+ Trên cơ sở nghiên cứu một cách toàn diện về granitoid Zabaikalie, LB Nga, Permiakov B.N. (1986) [46] cho rằng tiềm năng sinh khoáng của các tổ hợp granitoid có mối liên quan chặt chẽ với modul thạch hóa của các nguyên tố tạo đá, gồm: độ silic (q), độ calci (c), độ kiềm (a), độ sắt (f) và kiểu kiềm (n). Chúng được tính theo công thức sau:

$$q = [Si - (Na + K + Ca + Mg + \sum Fe)] / Si; c = Ca / (Ca + Na + K); a = (Na + K) / Al;$$

$$f = \sum Fe / (\sum Fe + Mg); n = Na' / (Na + K); Na_2O' = 0,7K_2O + Na_2O$$

Bảng 2.3: Thông số modul thạch hóa của granitoid vùng Zabaical, LB Nga (Permiakov B.N., 1986)

Nhóm đá granitoid		Modul thạch hóa				
Số hiệu	Kiểu sinh khoáng	q	c	a	f	n
I	Đa kim-Au và đa kim	0,49-0,55	0,235-0,31	0,65-0,72	0,32-0,53	0,59-0,76
		0,55-0,60	0,12-0,26	0,69-0,80	0,32-0,40	0,59-0,64
II	Mo-Au	0,62-0,68	0,15-0,24	0,72-0,80	0,32-0,44	0,49-0,56
		0,68-0,70	0,15-0,18	0,72-0,85	0,32-0,52	0,63-0,66
IIIa	Mo	0,70-0,72	0,14-0,20	0,65-0,76	0,57-0,62	0,535-0,61
		0,72-0,74	0,105-0,20	0,72-0,86	0,44-0,62	0,535-0,69
IIIb	Mo	0,74-0,76	0,125-0,15	0,67-0,70	0,54-0,70	0,57-0,61
		0,76-0,785	0,105-0,15	0,67-0,78	0,54-0,70	0,57-0,61
IV	W-Mo	0,74-0,76	0,01-0,07	0,90-1,01	0,70-0,825	0,52-0,61
V	W và fluorit	0,74-0,76	0,07-0,09	0,81-0,90	0,825-0,92	0,46-0,50
		0,76-0,785	0,01-0,09	0,78-1,01	0,70-0,92	0,46-0,57
VI	W-Sn và kim loại kiềm hiếm	0,785-0,805	0,02-0,08	0,75-1,00	0,59-0,97	0,49-0,61
VII	Nb chứa F, Nb-W và fluorit	0,805-0,83	0,01-0,08	0,75-0,91	0,74-0,93	0,46-0,61

+ Đồng thời, một loạt các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm của các nhà địa hóa trên thế giới cũng khẳng định mối liên quan chặt chẽ giữa thành phần thạch hóa đá magma với tiềm năng sinh khoáng. Những kết quả đó được phản ánh trên các biểu đồ sinh khoáng, như sau:

- Biểu đồ tương quan CaO-Na₂O-K₂O (Pokalov V.T., 1973) liên quan các trường sinh khoáng Cu-Mo, Mo, W-Mo, Sn;

- Biểu đồ Rb-Sc và V-Ni (Meinert, 1995) liên quan đến sinh khoáng Mo, Sn, W, Zn, Cu, Au; biểu đồ Fe₂O₃/FeO-SiO₂ (Ryan D. Taylor, 2010) liên quan sinh khoáng molipden porphyr, đồng porphyr và Sn; tương quan giữa Ba-Rb-Sr (Twist và Kleeman, 1989) liên quan granit sinh khoáng Sn-W-Mo, granit phân dị, v.v....

- Biểu đồ khả năng sinh khoáng độ oxi hóa – khử cho W-Mo, Sn, Au-Bi

(Blevin P.L, 2004).

+ Những nghiên cứu về đặc điểm môi trường magma nguyên sinh đã chỉ ra rằng, khả năng tạo quặng của thành tạo granitoid có liên quan chặt chẽ với đặc tính oxy hóa - khử của chúng. Theo Ishihara (1977) [26], granitoid có thể phân chia ra loại magnetit và loại ilmenit dựa trên hàm lượng magnetit của chúng. Mỗi một loại granit nêu trên được đặc trưng bởi những kiểu khoáng hóa riêng biệt: loại granit - magnetit thường liên quan với các kiểu mỏ sulfua chứa Cu, Pb, Zn và Mo; còn loại granit - ilmenit có xu hướng tạo nên các mỏ oxyt chứa Sn và W (Ishihara, 1981) [27]. Ở đây, các loại magma (Kiểu địa hoá) được tích hợp với môi trường oxy hoá – khử phục vụ nghiên cứu tiềm năng khoáng sản của chúng (Bảng 2.4)

Các yếu tố môi trường địa hóa magma theo các giai đoạn tiến hóa của chúng được định lượng hóa bằng thành phần bao thể nguyên sinh (Primary inclusions: CO₂, H₂O, SO₂, H₂S, H, CH₄, NH₃, NO.... theo Yves Moussallam, 2016[35]; Ronald J. Bakker, Manish A. Mamtani, 2000 [31]), đồng thời kết hợp với đặc điểm thạch địa hóa của granitoid làm rõ khả năng sinh khoáng của magma nguyên sinh.

Bảng 2.4: Tiêu chuẩn loại magnetit-granit (kiểu MT) và ilmenit -granit (kiểu IL) theo trạng thái oxy hóa - khử (Ishihara, 1977)[26]

Đặc điểm	MT/oxy hóa	IL/Khử
Thành phần khoáng vật phụ: magnetit và ilmenit	Magnetit > 0,1% (khoáng vật phụ khác: ilmenit, hematit, pyrit, chalcopyrit)	Ilmenit (±magnetit) <0,1% - Khoáng vật phụ khác: pyrotin, graphit (monazite, garnet), muscovit
Độ từ cảm	>10 ⁻⁴ emu/g	<10 ⁻⁴ emu/g
Fe ₂ O ₃ /FeO (Wt%) trong granit sáng màu	>0,35/(>0,5)	<0,35/ (<0,5)
δ ³⁴ S	>0	<0
δ ¹⁸ O	Thấp	Cao
Sự biến đổi tỷ số [Fe/(Fe+Mg)] trong biotit và amphibol theo hướng tăng hàm lượng SiO ₂	Giảm	Tăng
Thành phần nguyên tố	Nghèo nguyên tố lithophil	Giàu nguyên tố lithophil

Đặc điểm	MT/oxy hóa	IL/Khử
Nguyên nhân tạo ra tính oxy hóa khử	Do quá trình tạo các sản phẩm hòa tan trong nước magma. Và có vai trò quan trọng của các khoáng vật sắt/chứa sắt	Lấy C từ vật chất hữu cơ của vỏ trầm tích
So sánh với granit kiểu S và I của Chappel và White (1974)	- Không tương đồng với granit kiểu I - Kiểu I tạo ra nhiều khoáng sản kim loại khác hơn. Đặc biệt, tạo quặng Sn, W	Tương đồng với granit kiểu S
Khoáng hóa liên quan	Mo, Cu-Mo, Au	Sn, W
Hành vi nguyên tố	Mo; W đi cùng Mo dưới dạng molipdoscheelit;	- Sn ⁴⁺ và Sn ²⁺ cùng tồn tại nhưng Sn ⁴⁺ chiếm ưu thế hơn; - Sn chỉ có khả năng tách đủ khối lượng tạo quặng từ granitoid khử giàu Li-F. - Sn ⁴⁺ có thể tách ra và tạo khoáng hóa greisen gần khối magma (thạch anh - casiterit) còn Sn ²⁺ tạo khoáng xa khối xâm nhập (casiterit-sulfua); - Chất lưu tách ra từ dung thể chứa nước magma ở nhiệt độ xấp xỉ 700 ⁰ C. - W ⁶⁺ tồn tại dưới dạng wolframit, scheelit và trong cassiterit

Theo quan điểm của V.S Koptev – Dvornikov và M. G. Rub: “Chuyên hóa địa hóa có giá trị thực tiễn quan trọng đối với việc xử lý các dấu hiệu tìm kiếm và thăm dò mới trong đó có các dấu hiệu địa hóa”. Trong luận án này, NCS bàn về chuyên hóa địa hóa thể hiện ở các yếu tố: đặc điểm thành phần vật chất và quá trình địa chất quyết định khả năng tích tụ hay di chuyển chúng. Đồng thời, hiện nay việc xác định chuyên hóa địa hóa để nhận định tiềm năng sinh khoáng của magma dựa trên nhiều tiêu chí đặc trưng và tham số liên quan mang tính tích hợp gồm: hệ số tập trung (Ktt), các modul thạch hóa, hành vi nguyên tố theo các môi trường địa hóa khác nhau (nguyên sinh, thứ sinh), quan hệ không gian và thời gian giữa dị thường địa hóa/ quặng hóa (Điểm quặng, mỏ) với magma, các chỉ thị nguồn gốc v.v.

Một số tiêu chí đặc trưng và tham số được sử dụng trong luận án này để xác định tính chuyên hóa dự báo tiềm năng khoáng sản liên quan khối granitoid Ngọc Tụ như sau (Bảng 2.5).

Bảng 2.5: Tiêu chí xác định tính chuyên hóa sinh khoáng và dự báo tiềm năng khoáng sản liên quan khối granitoid Ngọc Tú

TT	Các tiêu chí	Nội dung tiêu chí	Tham số đặc trưng
1	Tính chuyên hóa địa hóa khối granit	<ul style="list-style-type: none"> - Hàm lượng các thành phần (Các nguyên tố chính, vết). - Mối liên quan với các dị thường địa hóa với magma - Quy luật phân bố. - Tương quan nguyên tố. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tính toán các hàm toán thông kê như: Tần suất, hàm lượng lớn nhất, nhỏ nhất, trung bình, luật phân bố, độ lệch, độ biến phân; để lựa chọn phương pháp tính toán và sử dụng các tham số địa hóa (Xác định dị thường, trung bình số học và trung bình trọng số v.v.). - Mức độ tập trung nguyên tố Ktt. - Tổ hợp nguyên tố cộng sinh, chỉ thị.
2	Kiểu sinh khoáng của magma	<ul style="list-style-type: none"> - Đặc điểm thạch hóa của magma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modul thạch địa hóa Permiakov. - Các kiểu sinh khoáng: <ul style="list-style-type: none"> + Biểu đồ CaO-Na₂O-K₂O + Biểu đồ Rb-Sc và V-Ni + Biểu đồ Fe₂O₃/FeO-SiO₂ + Biểu đồ giữa Ba-Rb-Sr
3	Môi trường oxy hóa – khử của magma granit	<ul style="list-style-type: none"> - Đặc điểm các nguyên tố chính chỉ thị. - Đặc điểm các nguyên tố vết chỉ thị. - Bao thể magma v.v. - Khoáng vật phụ chỉ thị. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kiểu địa hóa của magma: Loạt granit magnetit hay loạt granit ilmenit - Định lượng hóa bằng thành phần bao thể nguyên sinh của magma (Primary inclusion). - Các biểu đồ hành vi nguyên tố chỉ thị môi trường địa hóa (Fe, đất hiếm v.v).
4	Xác định mối liên quan khoáng hóa với khối granitoid	<ul style="list-style-type: none"> - Không gian. - Thời gian. - Quan hệ nguồn gốc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Các điểm quặng, biểu hiện khoáng hóa. - Dạng khoáng vật quặng. - Hàm lượng các nguyên tố tạo quặng. - Đồng vị bền; tuổi đồng vị quặng và granitoid.

Tóm lại, qua bảng tiêu chí xác định tính chuyên hóa địa hóa dự báo tiềm năng khoáng sản liên quan khối granitoid Ngọc Tú phản ánh rõ tính tích hợp của nhiều tiêu chí và tham số để xác định, nhận diện tiềm năng sinh khoáng của magma. Ví dụ: các tham số xác định môi trường oxy hóa khử của magma được tích hợp với biểu đồ trường sinh khoáng. Điều kiện oxy hóa khử của magma xác định hành vi của nguyên tố trong quá trình tạo quặng và làm rõ vai trò của hệ số tập trung của chúng: ví dụ Sn có hệ số tập trung cao trong granit nhưng magma này có tính oxy hóa thì Sn không thể di chuyển vào dung dịch quặng trong do nó đi vào các khoáng vật tạo đá v.v. Đồng thời, các modul thạch hóa cũng phụ thuộc môi trường oxy hóa khử đối với những tham số dựa vào thành phần của Fe v.v.

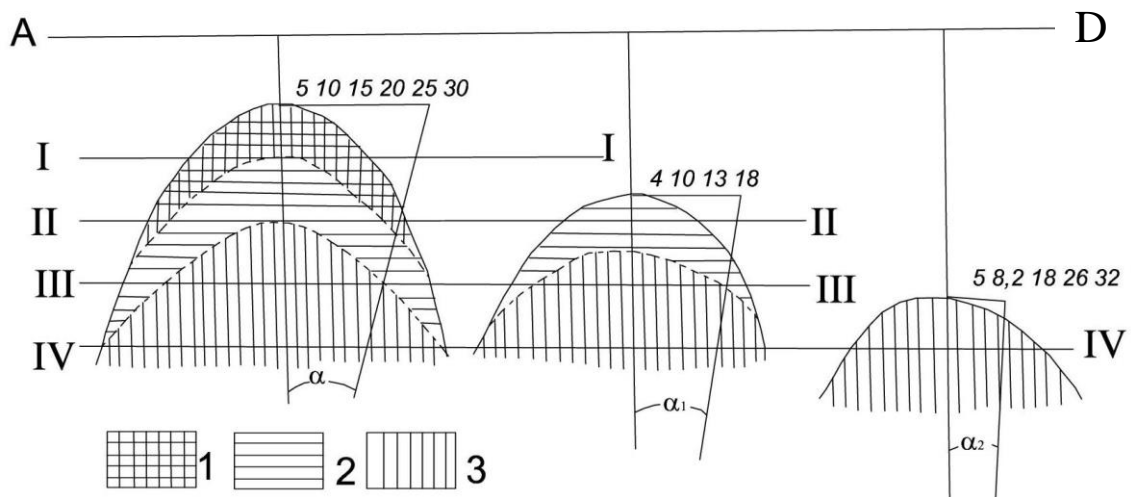
Mặt khác, khối magma có tiềm năng sinh khoáng nhưng khi xuất lộ có thể bị

bóc mòn cơ học và quặng ở phần trên có khả năng bị di chuyển, tái phân bố ra môi trường xung quanh. Vì thế, việc nghiên cứu và làm rõ mối quan hệ giữa chuyên hóa địa hóa, trường hợp đặc trưng là chuyên hóa sinh khoáng với mức độ bóc mòn rất có ý nghĩa khoa học và tìm kiếm khoáng sản nói chung cũng như khối granitoid Ngọc Tụ nói riêng. Thành phần các nguyên tố trong quá trình hình thành magma (gồm cả quặng hóa liên quan) cũng liên quan với tính chuyên hóa của chúng – chuyên hóa không đồng hóa và chuyên hóa do phân dị magma (các nguyên tố ura oxy, các nguyên tố có trường lực mạnh thường phân bố ở phần vòm magma) và được sử dụng trong việc tính toán mức độ bóc mòn.

2.1.2. Nghiên cứu mức độ bóc mòn granitoid

Việc đánh giá mức độ bóc mòn khối granitoid đang nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá mức độ bóc mòn cấu trúc chứa quặng cũng như khả năng tồn tại quặng ở phần sâu, để từ đó định hướng hệ phương pháp tìm kiếm phát hiện mỏ khoáng liên quan đến hoạt động của hệ magma quặng.

Nhìn chung, các khối xâm nhập granitoid có thể phân chia tương đối thành các phần sau theo các nghiên cứu của Bondarenko V.N. (1969) [38] và Amshinsky N.N. (1978) [36], v.v... (Hình 2.1).



Hình 2.1: Mô hình mặt cắt các mức bóc mòn của thể xâm nhập granitoid
 1- granit dạng aplit, 2- granit porphyr, 3- granit hạt trung – nhỏ. I-IV- các mức bóc mòn; A-D- bề mặt cổ; α - góc giữa đường biến thiên hàm lượng của nguyên tố phóng xạ phân bố hàm lượng lên và trực đứng.

Hệ phương pháp đánh giá mức độ bóc mòn của các khối magma đã được các nhà địa hóa Xô Viết như Liakhovich V.V. (1967) [43], Bondarenko V.N. (1969) [38], Amshinsky N.N. (1978) [36] nghiên cứu và thực nghiệm cho các khối magma

granitoid cụ thể ở Liên bang Nga. Kết quả nghiên cứu đó hiện đang được dùng làm cơ sở lý thuyết cho nghiên cứu và điều tra địa chất, tìm kiếm phát hiện khoáng sản ở Liên bang Nga.

Mức độ bóc mòn khối xâm nhập được đánh giá trên cơ sở dữ liệu địa chất, thạch học, địa hóa, phản ánh thành phần vật chất của khối xâm nhập. Dựa trên quan niệm cho rằng thành phần ban đầu của dung thể magma là đồng nhất và cùng thành tạo trong một điều kiện như nhau để so sánh mức bóc mòn của các khối xâm nhập. Như vậy, càng xuống sâu thì thành phần của khối granitoid càng đồng nhất và gần giống với dung thể ban đầu nhất. Theo đó, việc đánh giá mặt bóc mòn dựa trên cơ sở đối sánh mức độ biến đổi thành phần và mức chênh lệch hàm lượng trung bình các nguyên tố trong đá so với thành phần dung thể nguyên sinh. Trên cơ sở đó, Bondarenko V.N. và Verkhovskaya, (1969) [37] đã đề xuất sử dụng các phương pháp toán thống kê để xác lập mức độ bóc mòn khối xâm nhập (so với phần vòm đỉnh) của các khối xâm nhập.

Để đánh giá xu hướng phân bố hàm lượng của các nguyên tố và làm cơ sở cho đánh giá mức độ bóc mòn các khối xâm nhập ở Gorny Altai, trên cơ sở thực tế địa chất của các khối granitoid Karasuc và Trirchin, Amshinsky N.N. (1978) đã tiến hành lấy mẫu địa hóa nguyên sinh và phân chia 3 tập mẫu theo các mức chênh lệch độ cao từ 200m đến 400m [36,37]. Với khối Karasuc, có 3 tập mẫu như sau: tập mẫu trên, độ cao tuyệt đối 3200 – 2800m, tập mẫu giữa 2700-2500m, tập mẫu dưới 2300-2100m. Trên cơ sở đó, đã xác định được rằng, mức bóc mòn càng lớn thì cường độ phóng xạ ở các đới rìa của khối xâm nhập granitoid càng thấp (Hình 2.1), đồng thời hàm lượng các khoáng vật phụ chứa urani giảm có quy luật khi xuống sâu. Vấn đề này cũng được Liakhovich V.V. (1967) nghiên cứu và xác nhận rằng, đối với các khối granitoid thì khoáng vật chỉ thị rõ nhất là uraninit, hàm lượng của khoáng vật này càng xuống sâu càng giảm.

Ngoài ra, việc đánh giá tương đối về mức độ bóc mòn khối granitoid cũng được dựa trên sự biến thiên đặc điểm kiến trúc và cấu tạo của đá. Ví dụ, nơi có nhiều granit porphyr hạt lớn cũng như nhiều thể tù của đá bị xuyên cắt là khu vực bị bóc mòn thấp. Ngược lại nơi đá granit có cấu tạo hạt đều, thành phần khá ổn định, không có thể tù là nơi bị bóc mòn mạnh [36].

Đồng thời, kết quả nghiên cứu khoáng vật phụ trong đá granitoid theo các mức độ cao tuyệt đối khác nhau cũng đã xác định rằng màu sắc và hình dạng của một số khoáng vật phụ cũng biến đổi theo chiều sâu.

Kết quả nghiên cứu một khối lượng lớn các khối xâm nhập granitoid đã xác định được tập hợp các nguyên tố “phân bố hàm lượng tăng dần theo độ cao” như Si, K, Li, Nb, La, Y, W, Be, Sn, Mo, Rb, U, Th... và tập hợp các nguyên tố “phân bố hàm lượng giảm dần theo độ cao” như Mg, Ca, Fe, Ti, V, Cr, Ni, Co, Zn [36,37]. Trên cơ sở đó, Amshinsky N.N. (1973, 1978) đã đề xuất phương pháp đánh giá định lượng độ sâu bóc mòn của các khối xâm nhập riêng lẻ trên cơ sở nghiên cứu tổng thể và tính toán gradient cho các oxyt trên theo các khoáng độ cao. Đồng thời đề xuất sử dụng tỷ số của các đặc trưng số của Zavarisky A.N. (1955) là a, S, Q, b, c mà trong đó a, S, Q - phản ánh hàm lượng của các nguyên tố “phân bố hàm lượng tăng dần theo độ cao” (Si và K), còn b và c - nguyên tố “phân bố hàm lượng giảm dần theo độ cao” (Mg, Fe và Ca). Các tỷ số đó được gọi là hệ số phân đôi đúng thạch hóa. Hệ số phân cực thạch hóa $K_1 = (a+s)/(b+c)$; hệ số axit - bazơ $K_2 = Q/(b+c)$ và $K_3 = S/(b+c)$; hệ số kiềm - bazơ $K_4 = a/(b+c)$; hệ số axit - kiềm $K_5 = S/a$.

Gradient biến thiên hàm lượng của một oxyt hoặc là của giá trị của hệ số phân đôi đúng thạch hóa được tính cho 1km độ sâu được tính theo công thức sau:

$$g = [(X_t - X_d) \cdot 1000] / h$$

Trong đó, g – gradient;

X_t và X_d là hàm lượng oxyt (%tl) hoặc hệ số phân đôi đúng thạch hóa của mặt cắt trên và dưới; h là chênh lệch độ cao (mét).

Theo đặc tính địa hóa thì độ cao khối granitoid ra 4 phần là vòm đỉnh, phần trên, phần giữa và phần sâu, chênh lệch độ cao của mỗi phần là 400m. Mỗi một phần đặc trưng bởi giá trị: K_2O/MgO , Nb/Y, Yb/Co, Nb/V (Bảng 2.7, 2.8); hệ số phân cực địa hoá (K_1, K_2, K_3) (Bảng 2.9).

Trong đó tỷ số $Nb/V > 4$ tương ứng với phần vòm đỉnh, bóc mòn thấp, $Nb/V \approx 2$, tương ứng với phần trên của khối và thường có biểu hiện quặng hóa, $Nb/V \approx 1,2$ đặc trưng cho phần giữa và $Nb/V < 1$ chỉ gặp trong đới sâu không chứa quặng của khối granitoid. Cụ thể là $Nb/V > 4$ trong granitoid đặc trưng cho bóc mòn thấp, $Nb/V < 1$ chỉ đặc trưng cho phần thấp của granit và không chứa quặng v.v [37;38].

Dựa trên tỷ số giữa các nguyên tố chỉ thị K_2O/MgO , Nb/Y và Yb/Co đá granitoid tương nông (10,0 - 0,8 - 1,5); tương độ sâu trung bình (4,0 - 0,4 - 1,0); tương sâu (2,0 - 0,3 - 0,3).

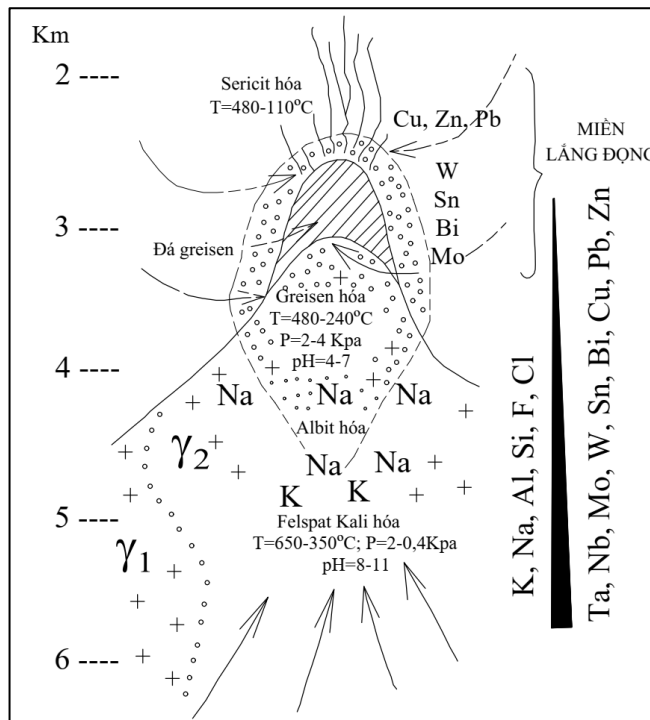
Bảng 2.6: Tỷ số nguyên tố chỉ thị tương của granitoid theo Amshinsky N.N. (1973)

TT	Kiểu đá	Tỷ số		
		K_2O/MgO	Nb/Y	Yb/Co
1	Granitoid tương nông	15	1,40	2,7
2	Granitoid tương độ sâu trung bình	3,8	0,4	0,9
3	Granitoid tương sâu	2,4	0,3	0,3

Bảng 2.7: Tỷ số nguyên tố chỉ thị mức độ bóc mòn granitoid theo Amshinsky N.N. (1973)

TT	Mức độ bóc mòn	Tỷ số Nb/V	Khoáng hóa liên quan
1	Phần vòm đỉnh, bóc mòn thấp	≈ 4	Có biểu hiện quặng hóa
2	Phần trên, bóc mòn thấp	2	Ít có biểu hiện quặng hóa
3	Phần giữa, bóc mòn trung bình	1,2	
4	Phần dưới, bóc mòn sâu	0,3	Không có biểu hiện quặng hóa

Đồng thời dựa trên đá biến đổi gồm sericit hóa, greisen hóa, albit hóa, felspat kali hóa và di chuyển của các quặng nội sinh để đánh giá tương đối về mức độ bóc mòn khối granitoid theo V I. Sinykov [48] (Hình 2.2).



Hình 2.2: Sơ đồ khoáng vật địa hóa theo chiều dọc phân vùng albit-greisen theo V I. Sinykov [48]

Việc đánh giá tương đối về mức độ bóc mòn khối granitoid cũng được dựa trên sự biến thiên cấu tạo đá. Với granit porphyr hạt lớn cũng như nhiều thể tù của đá bị xuyên cắt là khu vực bị bóc mòn thấp và có cấu tạo hạt đều, thành phần khá ổn định, không có thể tù là nơi bị bóc mòn mạnh [37].

Kết quả nghiên cứu khoáng vật phụ trong đá granitoid theo các mức độ cao tuyệt đối khác nhau cũng đã xác định rằng màu sắc và hình dạng của một số khoáng vật phụ cũng biến đổi theo chiều sâu. Khoáng vật zircon lăng trụ dài, thành tạo trong điều kiện magma đông lạnh nhanh; Các khoáng vật apatit, xenotim, sphen, chứa nhiều bao thể nhỏ màu đen.

Trên cơ sở tổ hợp nguyên tố đặc trưng cho phân bố hàm lượng đi lên và phân bố hàm lượng đi xuống, có thể phản ánh hình dạng thực của khối granitoid. Theo mặt cắt ngang, đối với khối dạng vòm, biến thiên các nguyên tố phân bố hàm lượng đi lên có dạng lõm vòm và các nguyên tố phân bố hàm lượng đi xuống sẽ là hình trũng chậu.

Phương pháp đánh giá định lượng mức độ bóc mòn granitoid nêu trên được các nhà địa chất Liên bang Nga sử dụng trong việc đánh giá mức độ bóc tiềm năng tài nguyên và tìm kiếm, dự báo khoáng sản [50].

Thực tế, magma được hình thành trong một quá trình địa chất lâu dài và phức tạp, chúng có thể tác với các thành tạo vây quanh. Trong đó, có sự phân bố thành phần vật chất không đồng đều xét theo cả không gian và thời gian, gồm cả quá trình biến chất trao đổi trước khi đông cứng (Theo hệ kín - không trao đổi với môi trường ngoài hoặc theo hệ mở - trao đổi với môi trường ngoài). Do đó, việc tính toán mức độ bóc mòn khối magma theo phương pháp của Amshinski N.N. (1973) chỉ thể hiện quá trình cơ học nhưng các đặc tính về thành phần dựa vào bản chất hình thành các nguyên tố và các vật chất liên quan với quá trình magma. Trên cơ sở đó, luận án đánh giá mức độ bóc mòn khối granitoid khối Ngọc Tụ với những tiêu chí như sau:

Bảng 2.8: Tiêu chí đánh giá mức độ bóc mòn khối granitoid

TT	Các tiêu chí	Nội dung tiêu chí	Yếu tố/ Tham số đặc trưng
1	Đặc điểm địa chất	<ul style="list-style-type: none"> - Quan hệ không gian. - Đặc điểm thạch học. - Các mẫu vật theo độ cao: chia khoảng 	<ul style="list-style-type: none"> - Xác định sự phân bố phân dị của các khoáng vật chính trong đá như thạch anh, feldpat, plagioclas, bitotit, các khoáng vật phụ. - Đặc điểm tiêu hình khoáng vật. - Các vết lộ quan hệ ranh giới giữa magma và đá vây quanh. - Các thể magma vệ tinh. - Các thể tù....
2	Gradient phân đới của nguyên tố	<p>Xác định hệ số phân đới đứng thạch hóa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tập hợp nguyên tố có xu hướng phân bố hàm lượng tăng dần theo độ cao (Si, K, Li, Nb, La, Y, W, Be, Sn, Mo, Rb, U, Th....) - Tập hợp nguyên tố có xu hướng phân bố hàm lượng giảm dần theo độ cao (Fe, Ti, V, Cr, Ni, Co, Zn..). 	<ul style="list-style-type: none"> - Hệ số phân cực thạch hóa $K1 = (a+s)/(b+c)$; hệ số axit - bazơ $K2 = Q/(b+c)$ và $K3 = S/(b+c)$; hệ số kiềm - bazơ $K4 = a/(b+c)$; hệ số axit - kiềm $K5 = S/a$.
3	Đánh giá mức độ bóc mòn khối granitoid	<ul style="list-style-type: none"> - Tương thành tạo granitoid (tương nông; tương độ sâu trung bình; tương sâu); - Mức độ bóc mòn (phần vòm đỉnh – mức thấp; phần giữa – mức trung bình; phần thấp – mức cao). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tỷ số giữa các nguyên tố chỉ thị $K2O/MgO$, Nb/Y và Yb/Co đá granitoid tương nông (10,0 - 0,8 - 1,5); tương độ sâu trung bình (4,0 - 0,4 - 1,0); tương sâu (2,0 - 0,3 - 0,3). - Tỷ số $Nb/V > 4$ tương ứng với phần vòm đỉnh, $Nb/V \approx 2$, tương ứng với phần trên, $Nb/V \approx 1,2$ cho phần giữa và $Nb/V < 1$ cho phần thấp. - Dựa trên các biểu hiện của đá biến đổi sericit hóa, greisen hóa, albit hóa, feldpat kali hóa trong khối granitoid.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp luận khoa học nêu trên là cơ sở chủ đạo cho nghiên cứu thành phần thạch học, khoáng vật, địa hóa học (các nguyên tố chính, nguyên tố vết, khoáng vật phụ, đồng vị) của granitoid khối Ngọc Tụ nhằm luận giải mức độ bóc mòn các khối xâm nhập nói riêng và cấu trúc chứa quặng nói chung. Từ đó có thể định hướng đúng đắn và hiệu quả trong việc xác lập hệ phương pháp tìm kiếm phát

hiện khoáng sản liên quan. Trên cơ sở đã nêu, luận án sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

2.2.1. Tổng hợp, phân tích, hệ thống hóa các tài liệu

NCS đã tham khảo, thu thập và tổng hợp các dạng tài liệu có liên quan đến nội dung nghiên cứu của luận án, gồm:

- Các công trình đo vẽ địa chất và khoáng sản tỷ lệ 1:200.000; tỷ lệ 1: 50.000 trong khu vực nghiên cứu [6,12].

- Các đề án, đề tài và báo cáo chuyên đề về magma, địa hóa, địa vật lý, địa tầng, sinh khoáng [1,2,3,4,5,8, 9,11,10,11,13,14,15,16,17,18,19].

- Các công trình, bài báo chuyên sâu công bố trên tạp chí trong và ngoài nước [20,21,22,26,34,35,38].

Các kết quả nghiên cứu trên đã được hệ thống hóa về mặt địa chất, địa hóa và khoáng sản.

2.2.2. Khảo sát thực địa, lấy các loại mẫu phân tích.

Khảo sát, lấy mẫu theo các kiểu đá/ tương đá tích hợp với không gian địa chất của khối magma granit Ngọc Tụ (chiều ngang: Từ rìa vào trung tâm khối; chiều thẳng đứng: phân theo độ cao địa hình), thời gian thành tạo magma cũng như các mẫu về quặng hóa liên quan (Hình 2.3). Trong đó, các tập mẫu chính gồm: Kiểu đá granit porphyr, kiểu đá hạt trung – nhỏ, quặng và đới khoáng hóa. Ngoài ra các loại đới biến đổi cũng được lấy mẫu riêng phục vụ luận giải tiềm năng sinh khoáng và khả năng bóc mòn của khối granit Ngọc Tụ.

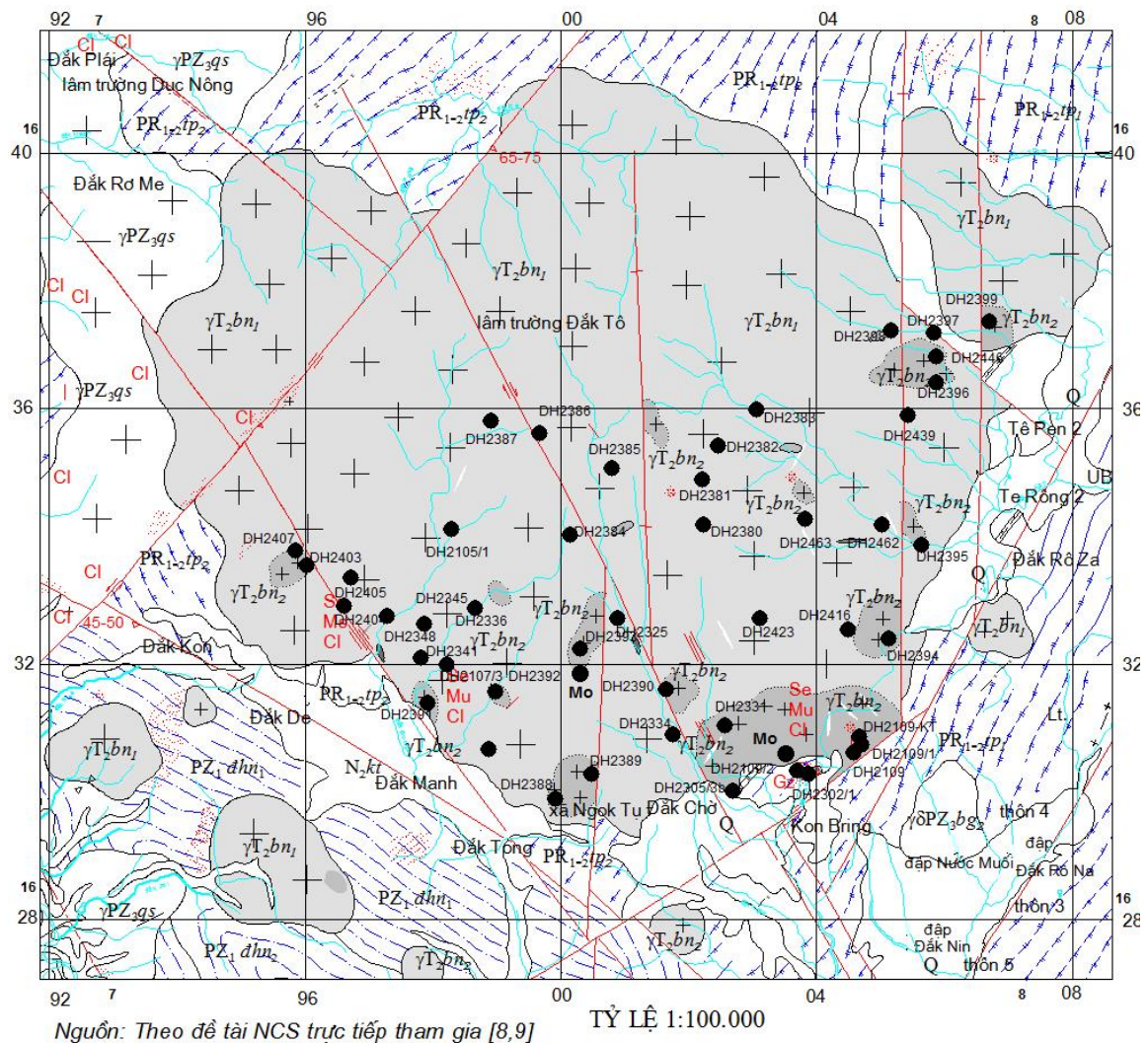
Nghiên cứu, đánh giá kết quả đạt được và tồn tại sau khi xử lý các tài liệu hiện có, để đảm bảo sự đầy đủ và tính đồng bộ của dữ liệu, phục vụ mục tiêu, nhiệm vụ của luận án, NCS đã triển khai công tác khảo sát thực địa bổ sung, cụ thể là:

- Khảo sát, kiểm tra và chi tiết hóa các diện lộ granit, điểm khoáng hóa, đới đá biến đổi đặc trưng, mô tả và thu thập bổ sung các loại mẫu thạch học, khoáng tương, địa hóa... phục vụ các công tác phân tích làm cơ sở nghiên cứu sâu về đặc điểm thạch hóa, hành vi địa hóa của các nguyên tố hóa học và môi trường địa hóa của thể granitoid.


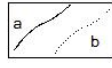
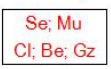
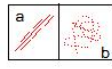

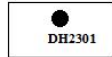
Các mẫu thạch học đá gốc, đá biến đổi có kích thước dài, rộng, dày từ (5x3x2)cm đến (9x6x3)cm.

Mẫu địa hóa đá granit được lấy ở dạng các cục nhỏ phân bố theo dạng phong

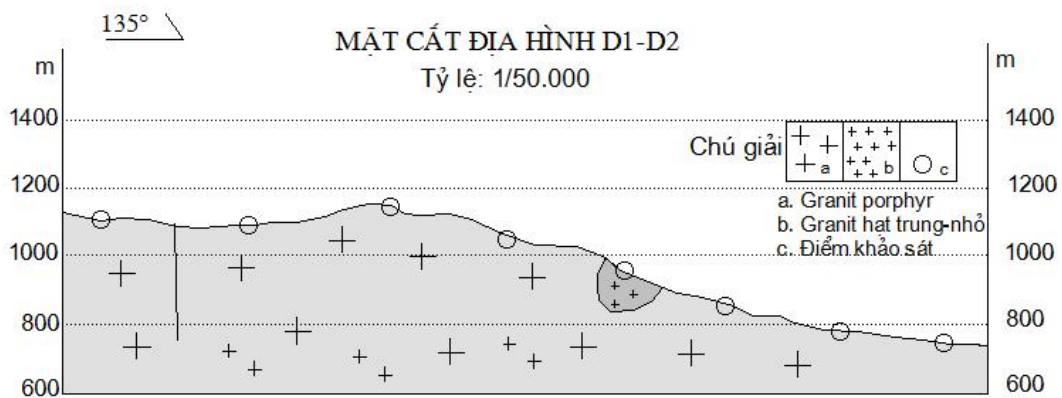
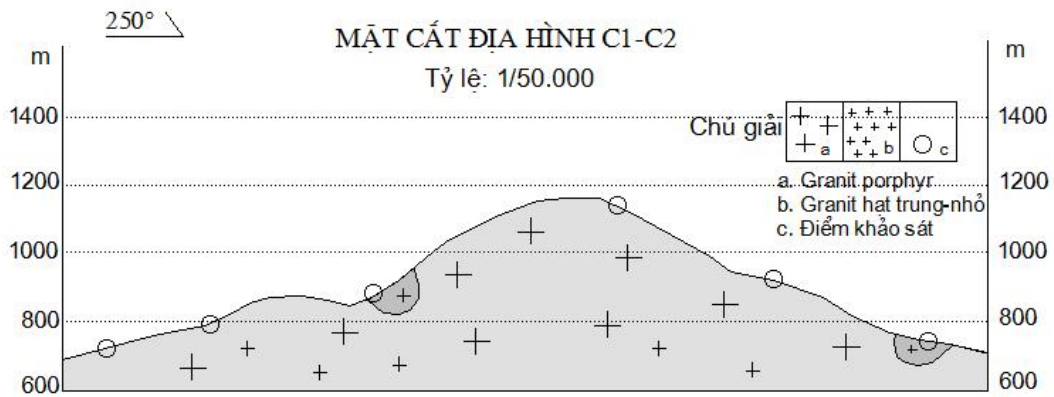
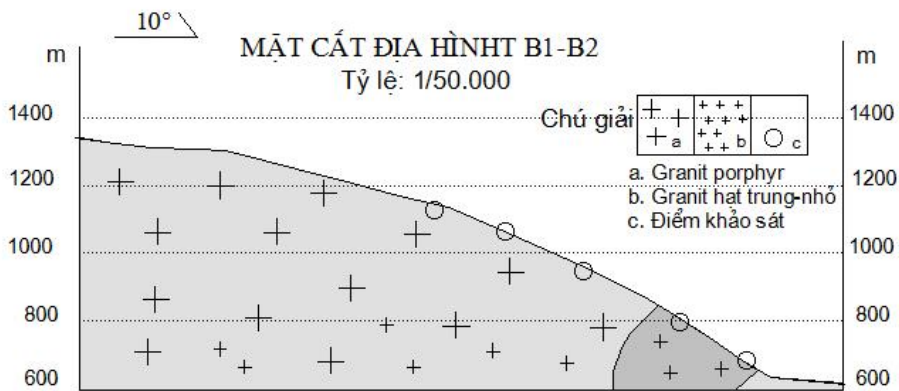
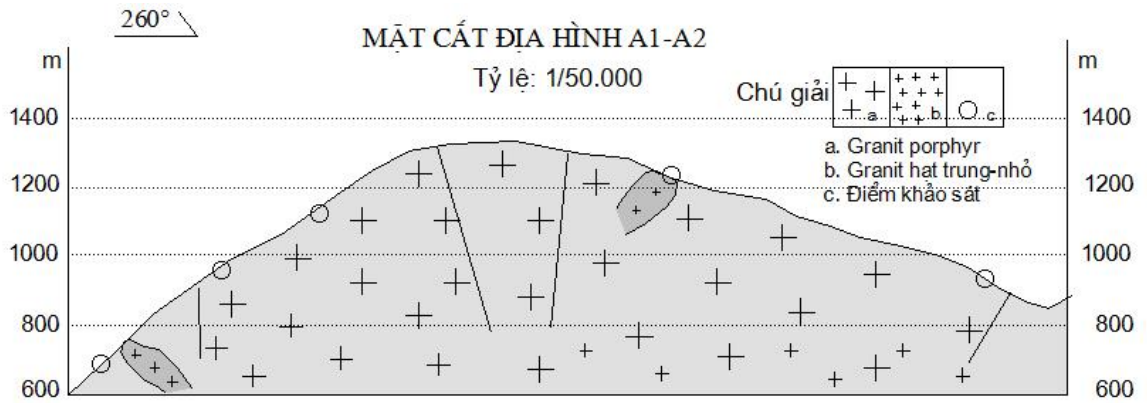
bì, đảm bảo trọng lượng của mẫu từ 300 đến 500g. Mẫu địa hóa nguyên sinh đảm bảo “tươi”, không bị biến đổi thứ sinh và không bị biến đổi liên quan trực tiếp quặng hóa đặc trưng (Nếu có phải lấy mẫu riêng). Mặt khác, thuật ngữ “tươi” ở đây chỉ mang tính tương đối vì trước khi magma đông cứng đã có thể có quá trình biến chất, biến đổi (Chi tiết nêu ở mục 2. 1). Ngoài ra, để làm sáng tỏ hành vi địa hóa của các nguyên tố hóa học, phục vụ việc luận giải tiềm năng khoáng sản liên quan với granit, các điểm xuất lộ khoáng hóa cũng được triển khai lấy mẫu thạch học đá biến đổi và nghiên cứu, xác định tổ hợp cộng sinh nguyên tố và thành phần vật chất của chúng.



CHÚ GIẢI

- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | <p>Khối granitoid Ngọc Tú
Granit: a. porphyr, b. trung - nhỏ</p> |  | <p>Ranh giới địa chất:
a- xác định, b- dự kiến.</p> |
|  | <p>Các biến đổi: sericit hóa (Se), muscovit hóa (Mu); clorit hóa (Cl); berezit hóa (Be); greizen hóa (Gz)</p> |  | <p>a - Đới cà nát;
b - Đới sừng hóa</p> |
|  | <p>Đứt gãy: a- xác định, b- dưới lớp phủ.</p> |  | <p>Điểm mẫu</p> |

Hình 2.3: Sơ đồ vị trí lấy mẫu khối granitoid Ngọc Tú

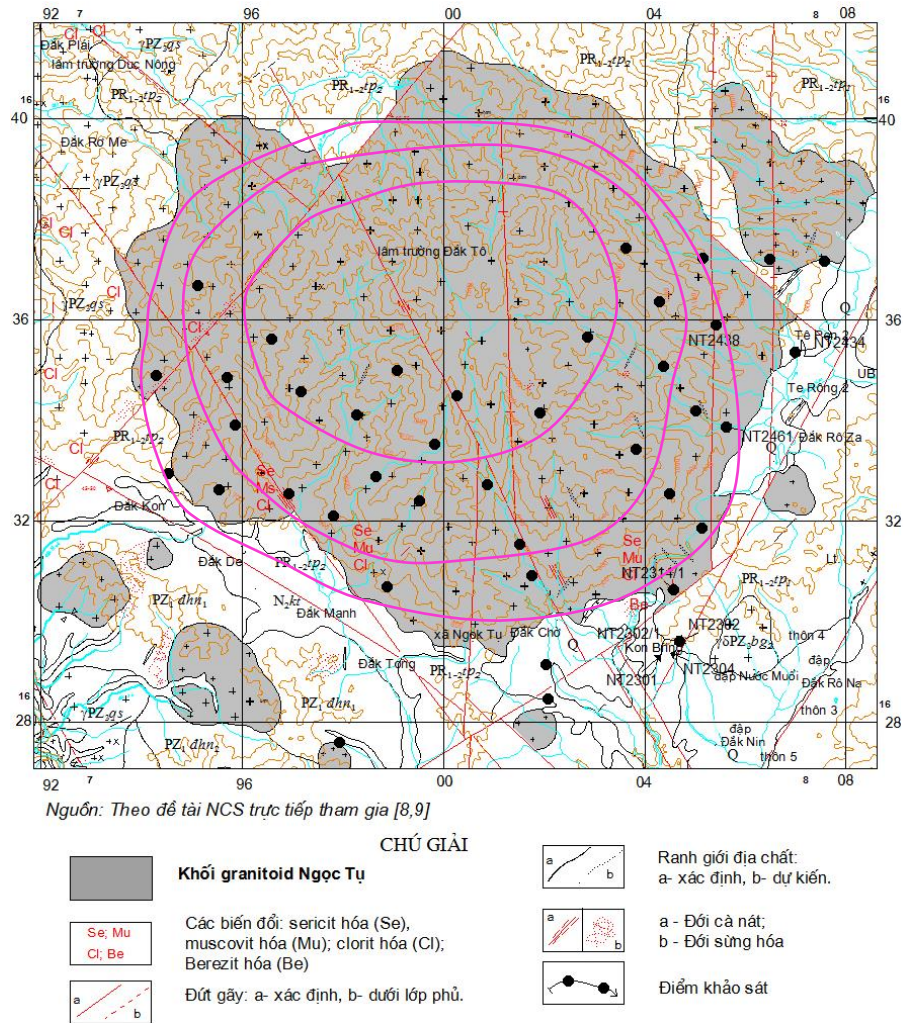


Hình 2.4: Mặt cắt địa hình granitoid khối Ngọc Tú

- Trên cơ sở cấu trúc địa chất và địa hình - địa mạo granitoid khối Ngọc Tú, NCS áp dụng phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất đánh giá mức độ bóc mòn khối granitoid theo dữ liệu nghiên cứu khối granit Karasuk, dãy núi Altai, của Amshinski N.N. (1973). Đây là phương pháp đã được ứng dụng có hiệu quả thực tế ở LB Nga, so sánh các mức bóc mòn của các khối granitoid dựa trên giả thiết về thành phần đồng nhất của dung thể magma ban đầu và sự giống nhau về lịch sử phát triển. Các khối granitoid của cùng một phức hệ khi càng xuống sâu thì tính đa dạng của thành phần càng giảm và gần gũi với thành phần của dung thể ban đầu. Như vậy, nhiệm vụ đánh giá mức bóc mòn của khối có thể giải quyết trên cơ sở đối sánh thành phần tại các mặt phẳng của mặt cắt bóc mòn mà hiện tại so với thành phần của dung thể magma ban đầu tương đồng về đặc điểm địa chất granitoid khối Ngọc Tú như: có cấu tạo granit porphyr đến granit hạt trung – nhỏ; thành phần khoáng vật, thành phần hóa học, tuổi thành tạo 240 triệu năm.

- Xây dựng các mặt cắt địa chất, địa hóa theo không gian và thời gian, theo độ cao khối. Với granitoid khối Ngọc Tú, NCS đã lập mặt cắt (Hình 2.3), lấy các loại mẫu và phân tập mẫu theo 3 nhóm độ cao là: 1 – tập mẫu trên, độ cao tuyệt đối (1150-950m) gồm 6 mẫu; 2 – tập mẫu giữa (950-750m) là 8 mẫu; 3 – tập mẫu dưới (750-650m) là 10 mẫu, phục vụ cho việc tính toán độ bóc mòn của khối.

- Nhiều loại mẫu khác được thu thập đại diện vừa để chính xác hoá các đối tượng (kiểu đá, quặng, mức độ biến đổi) phục vụ xác định các tập mẫu/ loại mẫu, vừa định lượng hóa các đối tượng trong luận giải chuyên hóa địa hoá và tiềm năng khoáng sản của granitoid gồm: thạch học, đồng vị, khoáng tương, microsonde, bao thể. Các mẫu này thường được bố trí đi kèm với mẫu địa hóa.



Hình 2.5: Sơ đồ phân tập mẫu granit porphyr theo 3 mức độ cao của khối granitoid

2.2.3. Hệ phương pháp phân tích

+ Phân tích thạch học, khoáng tương: nhằm làm rõ thành phần thạch học của đá granitoid nguyên sinh và của đá biến đổi cạnh mạch, thành phần khoáng vật quặng và quan hệ của chúng. Trên cơ sở tổng hợp các kết quả phân tích của các công trình có trước là 55 mẫu thạch học và 15 mẫu khoáng tương tại Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản.

+ Phân tích hóa silicat, bổ sung thêm dữ liệu cho xác định thành phần hóa học đá, cũng như các nghiên cứu khác.

+ Phân tích địa hóa đá granit và quặng được Viện Địa chất Viễn Đông, Phân viện thuộc Viện Hàn Lâm Khoa học LB Nga thực hiện, bao gồm:

- 22 mẫu ICP-MS cho 41 chỉ tiêu (Mo, Ta, Nb, Cu, Pb, Zn, Bi, Sn, W, U, Cd, Ag, Zr, V, Cr, ...)

- 24 mẫu ICP-AES cho đá granitoid khối Ngọc Tú.

- 40 mẫu thành phần bao thể magma nguyên sinh (CO_2 , H_2S , SO_2 , H_2O , CH_4); một số mẫu granitoid chọn lọc phân tích nguyên tố chính (Fe, K, Na...) để xác định môi trường oxy hóa khử của đá, dự báo mức độ thuận lợi của dung thể magma trong quá trình huy động nguồn vật chất tạo quặng.

- 15 mẫu microsond nhằm xác định khoáng vật và thành phần một số nguyên tố vết (Ni, Co, Mn, U...) trong đới quặng molipden/đới biến đổi liên quan.

- 8 mẫu kích hoạt Notron cho đá tổng và 5 mẫu kích hoạt Notron cho đơn khoáng nhằm xác định hàm lượng các nguyên tố trong các khoáng vật trong các thân khoáng, trong đá granitoid, thành phần U, REE.... Phương pháp này giúp luận giải điều kiện thành tạo quặng, có thể xác định khoáng sản liên quan với chuyên hóa địa hóa.

- 20 mẫu bao thể xác định nhiệt độ thành tạo quặng.

- Các mẫu khoáng tương: xác định thành phần quặng chính, thứ tự thành tạo quặng.

2.2.4. Hệ phương pháp nghiên cứu tính chuyên hóa sinh khoáng và mức độ bóc mòn

Theo các tiêu chí xác định tính chuyên hóa sinh khoáng và mức độ bóc mòn của khối granitoid Ngọc Tụ, cần sử dụng tích hợp hệ phương pháp nghiên cứu như sau.

a. Các phương pháp xác định đối tượng địa chất và chính xác hóa tập mẫu, định hướng các phương pháp khác, đồng thời phục vụ luận giải hành vi nguyên tố: Quan sát thực địa (Đặc điểm kích thước và phân bố của khoáng vật, các thể tù, ranh giới tiếp xúc – biến đổi, đặc điểm và khả năng xuất lộ của các khối granit vệ tinh, đặc điểm kiến tạo – đứt gãy, khoáng vật đặc trưng v.v.); Thạch học (Chuẩn hóa các kiểu đá, mức độ biến đổi và kiểu biến đổi, xác định một số khoáng vật chỉ thị); khoáng tương (Xác định các loại khoáng vật quặng, thứ tự thành tạo), bao thể xác định nhiệt độ (Làm rõ điều kiện nhiệt độ thành tạo, giai đoạn thành tạo v.v.); các mẫu microsond (Đánh giá dạng tồn tại các nguyên tố, các khoáng vật, các nguyên tố chỉ thị luận giải nguồn gốc, môi trường thành tạo v.v.), trọng sa (Nghiên cứu các khoáng vật chỉ thị, tách đơn khoáng ...).

b. Phương pháp địa hóa nguyên sinh: Xác định hệ số tập trung, các dị thường địa hóa, xác định các modul thạch hóa theo các trường sinh khoáng.

c. Phương pháp xác định môi trường địa hóa magma nguyên sinh: sử dụng chỉ thị của nguyên tố chính, nguyên tố vết, phương pháp thành phần bao thể magma nguyên sinh (trên thiết bị Raman), các khoáng vật chỉ thị, đồng vị bền, đặc điểm đá biến đổi liên quan.

d. Phương pháp xác định quan hệ huyết thống giữa quặng hóa và granitoid: Đồng vị tuổi trên zircon, molipdenit; đồng vị bền S, O; tương quan các nguyên tố, đặc điểm đá biến đổi v.v.

e. Phương pháp xác định xu hướng phân bố của các nguyên tố theo chiều độ cao: Xác định các tổ hợp nguyên tố ở các đới theo độ cao tương đối của địa hình nhưng liên quan trực tiếp với mức độ bóc mòn cơ học khối magma.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu, luận giải kết quả

Toàn bộ mẫu địa hóa được phân tập theo kiểu đá granitoid (granit porphyr và granit hạt trung - nhỏ) và theo 3 mức độ cao (1000m, 850m, 700m) và sử dụng hệ phương pháp toán thống kê để xác lập các tham số phân bố các nguyên tố, tính toán hệ số tập trung (Ktt) và các tham số luận giải tính chuyên hóa địa hoá và mức độ bóc mòn khối granitoid theo các phương pháp như đã nêu ở trên. Ngoài ra, các mẫu quặng, đá biến đổi liên quan, đá vây quanh lấy kèm được tách riêng.

Kiểm tra kết quả phân tích (5 - 10% mẫu) mẫu địa hóa theo Quy phạm địa hóa để xác định tính tin cậy, loại trừ sai số trước khi tính toán và luận giải kết quả.

Sử dụng các phần mềm chuyên dụng như mapinfo, grapher, stactical, các hàm thống kê... để tính toán, xây dựng và thể hiện các bản đồ, sơ đồ, biểu đồ, tương quan địa hóa, các mặt cắt địa chất - địa hóa, các mô hình chuẩn.

Dưới đây các tham số tính toán theo 2 tập mẫu là granit porphyr (25 mẫu) và granit hạt trung – nhỏ (20 mẫu).

* Trước hết, để tính toán, sử lý một số tham số, NCS xác định luật phân bố các nguyên tố. Trong phần này của luận án, NCS chỉ thể hiện công tác kiểm tra luật phân bố của một số nguyên tố có khả năng liên quan quặng hoá như Mo, Sn, W, U. Cụ thể như sau: Luận án sử dụng các tham số: Tần suất, luật phân bố, trung bình (X), độ lệch chuẩn (S) (Nguyễn Văn Phổ, 2002)[11].

Bảng 2.9: Bảng tập mẫu granit porphyr khối granitoid Ngọc Tụ, Kon Tum

Stt	SH	As	Ba	Be	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Ga	Ge	La	Li	Mo	Nb	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ta	V	W	Y
1	DH 2105/1	1,15	242,78	6,41	0,05	63,63	3,17	95,33	5,60	18,60	2,68	30,26	81,33	9,41	16,81	7,07	45,23	3,90	7,38	65,77	1,85	14,21	5,85	23,57
2	DH 2107/3	2,76	302,43	5,52	0,05	81,98	3,38	76,83	15,50	17,37	2,73	40,65	24,12	5,34	18,17	8,87	55,26	5,30	9,86	69,77	2,69	20,20	6,51	35,62
3	DH 2109/2	1,46	310,09	5,47	0,06	74,59	3,43	52,78	9,90	17,42	3,25	36,43	45,23	1,64	17,03	6,86	38,92	5,10	8,74	79,09	3,69	18,25	5,41	27,90
4	DH 2325	1,34	360,39	4,19	0,04	87,39	2,36	79,43	2,10	20,91	3,02	41,26	105,18	0,97	22,61	7,14	46,63	4,50	12,29	67,87	3,18	19,14	5,63	23,77
5	DH 2334	1,33	261,34	4,23	0,04	56,64	2,88	71,88	2,70	17,96	2,92	27,66	130,81	1,20	17,76	6,91	39,94	4,00	10,89	49,44	2,82	13,82	6,66	21,70
6	DH 2336	1,20	200,54	7,92	0,04	51,64	2,22	43,81	2,62	18,17	2,85	27,12	67,03	0,83	20,15	6,03	44,74	3,70	7,56	43,21	4,10	11,93	4,15	20,33
7	DH 2341	3,21	119,34	4,03	0,04	59,44	1,30	47,51	5,70	17,17	3,13	82,36	22,90	1,62	16,29	5,46	76,70	4,70	7,25	6,89	1,72	20,71	10,71	31,23
8	DH 2345	1,25	329,19	4,18	0,04	83,99	3,48	81,28	6,40	18,97	3,07	41,10	55,52	1,52	21,68	4,77	43,45	4,50	8,75	72,59	3,80	17,78	3,90	52,72
9	DH 2348	1,43	285,64	5,46	0,09	77,89	3,16	73,48	2,34	18,73	3,91	41,79	49,81	0,70	17,34	5,15	46,22	4,00	7,17	62,84	2,11	16,91	0,90	64,22
10	DH 2404	1,88	386,15	3,59	0,05	83,95	3,07	59,02	4,00	17,66	2,77	41,50	18,38	7,73	15,11	5,33	40,69	4,70	5,85	44,22	2,11	20,42	2,08	32,37
11	DH 2405	1,33	379,05	4,86	0,04	83,80	3,42	59,27	4,80	17,47	2,82	40,18	57,29	0,83	15,34	11,05	46,04	4,70	6,50	72,61	2,39	20,63	1,72	26,28
12	DH 2416	1,22	387,20	5,10	0,04	95,60	3,55	61,37	3,30	17,89	3,15	46,99	82,80	0,95	17,41	4,67	45,34	4,90	7,76	77,21	3,20	22,06	2,22	30,89
13	DH 2423	1,09	394,20	3,57	0,05	91,65	3,45	56,72	3,70	18,08	2,96	45,03	73,57	1,39	16,71	5,08	48,51	4,70	7,84	76,76	2,41	21,26	4,58	30,21
14	DH 2439	0,98	310,40	8,29	0,04	89,50	3,16	48,27	20,50	18,65	3,14	42,32	58,46	0,65	17,62	4,47	46,84	4,80	10,14	67,96	2,43	21,87	3,86	30,86
15	DH 2446	1,10	312,70	11,16	0,03	72,75	4,64	64,92	3,10	18,33	2,95	34,46	134,12	1,45	17,28	29,84	44,83	5,40	9,05	74,36	3,29	26,55	4,51	29,14
16	DH 2462	0,79	226,25	6,99	0,04	56,05	2,47	62,57	34,40	19,46	2,75	27,25	29,10	1,27	18,45	56,75	46,76	3,90	8,00	55,26	3,95	16,83	18,50	26,63
17	DH 2463	2,39	29,26	15,15	0,03	11,55	0,85	117,12	6,80	16,95	2,37	5,58	30,97	2,84	17,87	30,43	37,42	2,23	5,07	18,77	4,53	5,30	11,75	9,86
18	DH 2380	2,50	336,87	4,77	0,11	57,69	2,45	74,68	13,25	16,25	2,60	22,15	37,08	3,15	15,72	8,07	50,16	3,85	11,69	61,15	2,43	11,89	7,28	21,78
19	DH 2381	1,20	332,57	3,47	0,08	53,39	1,15	70,38	11,95	14,95	1,30	20,85	32,78	1,85	14,42	6,77	45,86	2,55	10,39	56,85	1,13	10,59	5,98	34,78
20	DH 2382	1,70	335,07	3,97	0,58	55,89	1,65	72,88	12,45	15,45	1,80	21,35	35,28	2,35	14,92	7,27	48,36	3,05	10,89	59,35	1,63	11,09	6,48	43,78
21	DH 2383	0,40	330,07	2,67	0,57	50,89	0,35	67,88	11,15	14,15	0,50	20,05	30,28	1,05	13,62	5,97	43,36	1,75	9,59	54,35	0,33	9,79	5,18	26,78
22	DH 2384	0,10	328,37	2,37	0,27	49,19	0,05	66,18	10,85	13,85	0,20	19,75	28,58	0,75	13,32	5,67	41,66	1,45	9,29	52,65	0,03	9,49	4,88	37,78
23	DH 2385	2,20	324,07	4,47	2,37	44,89	2,15	61,88	12,95	15,95	2,30	21,85	29,58	2,85	12,02	7,77	37,36	3,55	11,39	48,35	2,13	11,59	6,98	28,78
24	DH 2386	2,70	326,57	4,97	2,87	47,39	2,65	64,38	13,45	16,45	2,80	22,35	32,08	3,35	12,52	8,27	39,86	4,05	11,89	50,85	2,63	12,09	7,48	37,78
25	DH 2387	1,40	321,57	3,67	1,57	42,39	1,35	59,38	12,15	15,15	1,50	21,05	35,08	2,05	11,22	6,97	34,86	2,75	10,59	45,85	1,33	10,79	6,18	24,78

Bảng 2.9. (tiếp)

Stt	SH	Zn	Sr	Rb	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Zr	Cs	Hf	Re	Tl	U
1	DH 2105/1	39,50	65,77	360,61	7,64	24,32	5,45	0,48	4,75	0,64	3,80	0,62	1,95	0,23	1,79	0,12	32,08	130,98	18,05	2,75	0,006	2,51	4,44
2	DH 2107/3	34,90	69,77	380,65	9,78	33,24	6,96	0,62	5,41	0,96	5,46	1,11	2,65	0,48	2,28	0,45	36,60	140,63	14,56	3,46	0,007	2,79	17,87
3	DH 2109/2	23,90	79,09	362,65	8,69	30,64	6,25	0,64	5,79	0,89	5,50	1,12	2,95	0,41	3,06	0,41	40,36	127,62	22,84	3,95	0,010	2,51	8,20
4	DH 2325	42,50	67,87	428,47	10,33	33,58	7,98	0,57	5,75	0,82	5,05	0,81	2,66	0,29	1,89	0,26	33,97	139,12	29,70	4,40	0,006	3,05	4,91
5	DH 2334	42,20	49,44	446,43	7,46	24,24	5,80	0,49	5,04	0,70	4,05	0,69	1,97	0,28	1,31	0,31	29,21	121,42	33,59	3,26	0,017	3,21	12,52
6	DH 2336	29,20	43,21	430,66	6,96	23,33	4,82	0,50	4,67	0,70	3,50	0,72	2,04	0,38	1,50	0,27	27,93	91,97	26,35	2,46	0,017	2,91	17,49
7	DH 2341	13,20	6,89	345,68	17,21	49,34	10,57	0,84	7,80	1,18	6,35	0,88	3,18	0,36	2,42	0,33	47,02	136,17	15,43	3,19	0,019	2,21	8,07
8	DH 2345	37,70	72,59	350,57	10,68	37,84	8,79	0,87	8,93	1,50	7,40	1,54	4,69	0,62	3,48	0,52	39,15	137,62	16,95	3,31	0,018	2,48	18,97
9	DH 2348	33,80	62,84	369,57	11,91	48,99	12,56	1,48	14,70	2,28	11,31	1,93	4,92	0,61	3,15	0,50	37,05	134,17	13,21	3,60	0,017	2,55	11,58
10	DH 2404	29,10	44,22	405,82	10,92	39,76	8,25	0,59	6,58	1,13	5,54	1,19	3,60	0,43	2,75	0,39	43,73	136,03	16,93	3,93	0,018	3,12	13,96
11	DH 2405	28,70	72,61	403,71	9,45	31,04	6,36	0,60	5,51	0,88	4,65	0,89	2,62	0,43	2,40	0,30	42,54	133,73	16,85	3,66	0,006	2,66	11,03
12	DH 2416	32,60	77,21	381,17	11,13	36,08	8,20	0,58	5,76	0,87	5,64	0,90	3,40	0,28	2,63	0,36	52,35	146,38	26,50	3,62	0,018	2,59	7,20
13	DH 2423	38,10	76,76	409,45	11,13	35,91	7,72	0,66	6,25	0,80	5,98	0,92	2,85	0,37	2,55	0,38	44,18	147,53	27,51	4,16	0,017	2,70	7,58
14	DH 2439	39,60	67,96	389,43	10,76	34,91	7,40	0,61	6,13	0,88	5,31	1,16	3,48	0,45	2,43	0,39	46,45	132,08	26,85	3,85	0,019	2,68	10,48
15	DH 2446	38,70	74,36	387,71	8,65	31,51	6,71	0,61	5,58	0,95	5,26	0,85	2,65	0,46	2,39	0,41	35,36	140,58	37,27	3,72	0,015	2,68	6,83
16	DH 2462	32,70	55,26	403,48	6,75	24,16	5,73	0,51	4,65	0,83	5,10	0,95	2,96	0,35	2,81	0,34	30,17	89,38	17,96	2,44	0,017	2,77	13,24
17	DH 2463	15,00	18,77	442,14	1,57	6,68	1,51	0,12	1,26	0,24	1,56	0,32	1,04	0,13	0,97	0,14	9,35	29,81	27,68	1,28	0,015	3,02	10,79
18	DH 2380	23,65	61,15	361,52	5,37	18,06	4,08	0,37	3,48	0,58	3,66	0,71	9,42	9,42	1,97	0,29	18,10	62,43	22,53	2,37	0,023	2,48	12,21
19	DH 2381	22,35	56,85	321,22	4,07	16,76	2,78	0,34	2,18	0,55	2,36	0,68	8,12	8,12	1,94	0,26	16,80	58,13	21,23	1,07	0,010	1,18	10,91
20	DH 2382	22,85	59,35	341,72	4,57	17,26	3,28	0,84	2,68	1,05	2,86	1,18	8,62	8,62	2,44	0,76	19,30	87,63	21,73	1,57	0,020	1,68	13,41
21	DH 2383	21,55	54,35	291,72	3,27	15,96	1,98	0,83	1,38	1,04	1,56	1,17	7,32	7,32	2,43	0,75	17,90	72,63	20,43	0,27	0,010	0,38	9,71
22	DH 2384	21,25	52,65	281,02	2,97	15,66	1,68	0,53	1,08	0,74	1,26	0,87	7,02	7,02	2,13	0,45	16,20	55,63	20,13	2,37	0,013	0,08	8,01
23	DH 2385	19,95	48,35	251,02	5,07	17,76	3,78	2,63	3,18	2,84	3,36	2,97	9,12	9,12	4,23	2,55	18,50	12,63	22,23	2,87	0,012	2,18	5,61
24	DH 2386	20,45	50,85	242,72	5,57	18,26	4,28	3,13	3,68	3,34	3,86	3,47	9,62	9,62	4,73	3,05	21,00	37,63	22,73	1,57	0,017	2,68	6,71
25	DH 2387	19,15	45,85	263,22	4,27	16,96	2,98	1,83	2,38	2,04	2,56	2,17	8,32	8,32	3,43	1,75	19,70	82,63	21,43	1,27	0,010	1,38	5,41

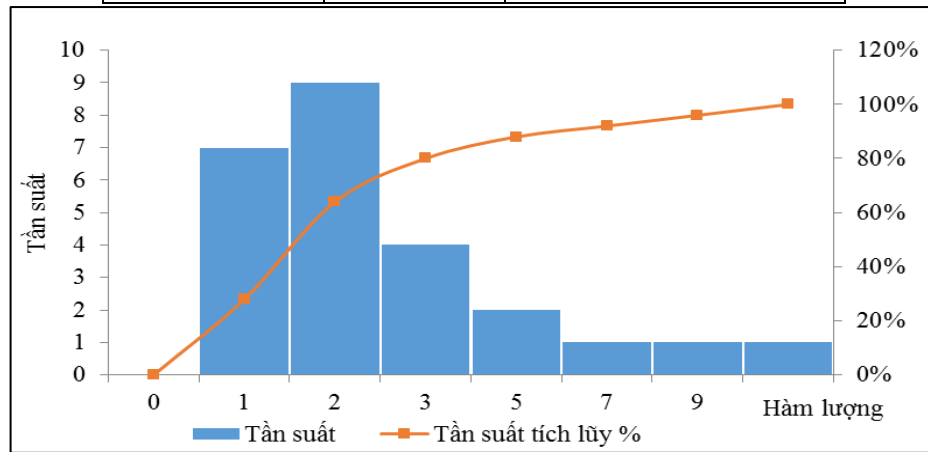
+ **Kiểm tra tần suất và luật phân bố**

Các tham số tính toán theo tập mẫu là granit porphy (25 mẫu)

- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Mo.

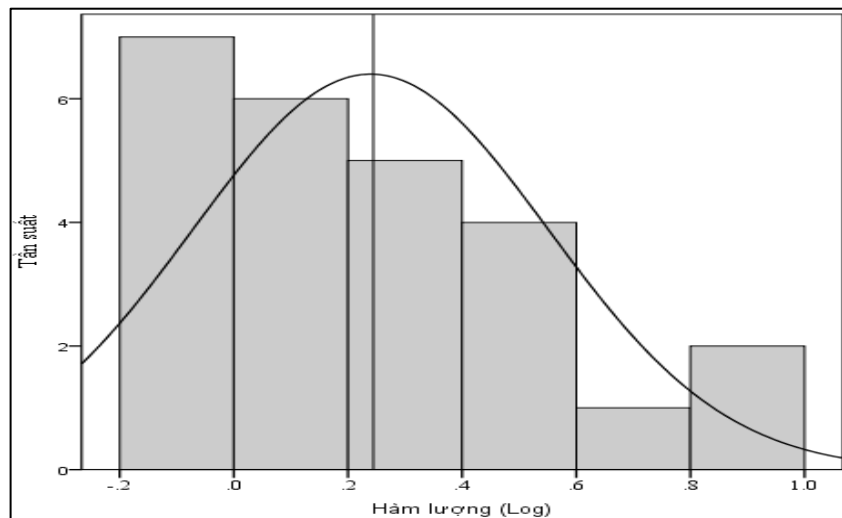
Bảng 2.10: Bảng tính toán tần suất và quy luật phân bố cho nguyên tố Mo.

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
0	0	0
1	7	28%
2	9	64%
3	4	80%
5	2	88%
7	1	92%
9	1	96%
Total	25	



Hình 2.6: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Mo.

Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố Mo bị lệch chuẩn, do vậy phải tính trung bình theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng (Hình 2.7)

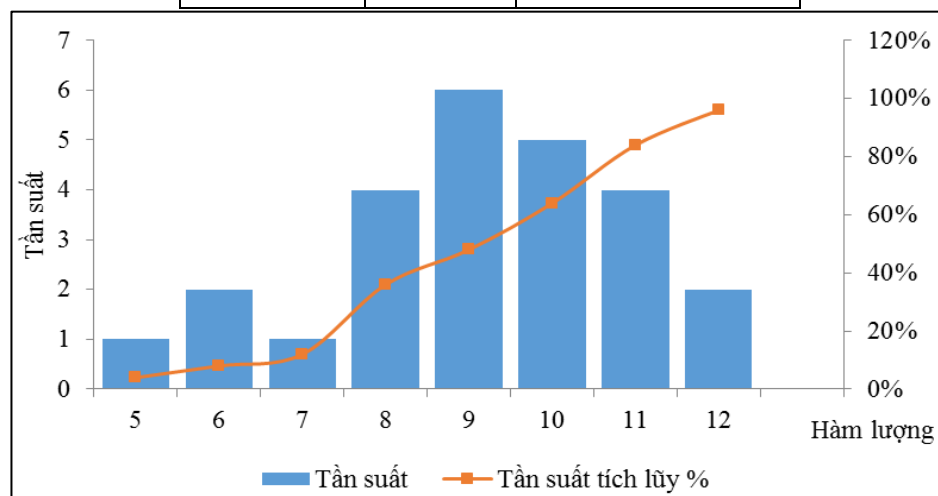


Hình 2.7: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố Mo

- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Sn.

Bảng 2.11: Bảng tính toán tần suất và quy luật phân bố cho nguyên tố Sn.

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
5	1	0%
6	2	8%
7	1	12%
8	4	36%
9	6	48%
10	5	64%
11	4	84%
12	2	96%
Total	25	



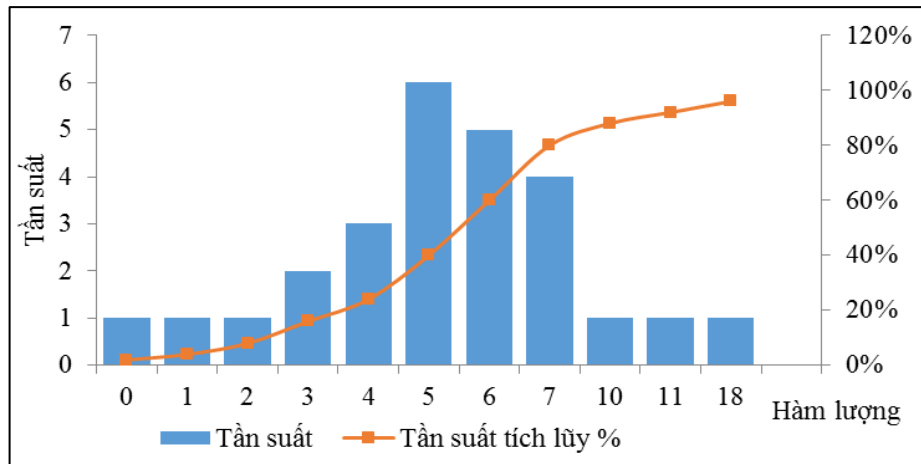
Hình 2.8: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Sn.

Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố Sn tương đối chuẩn, do vậy tính trung bình theo hàm lượng.

- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố W.

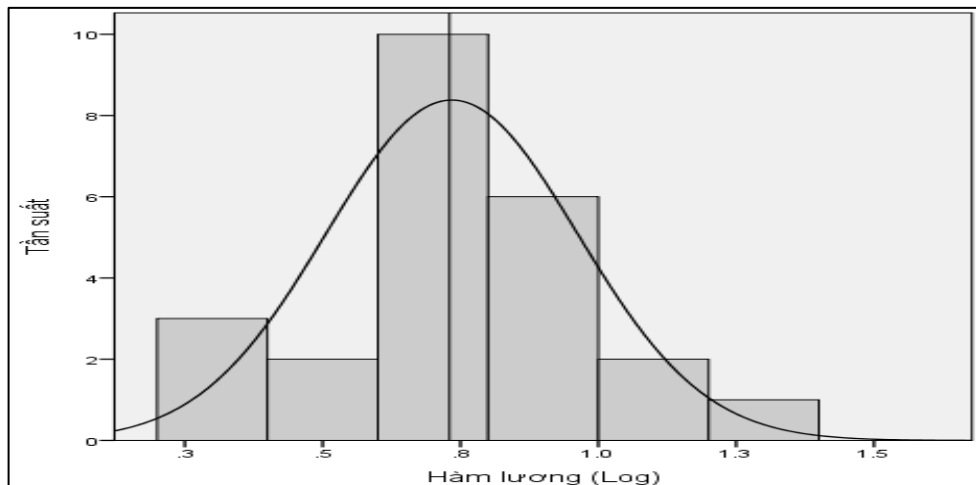
Bảng 2.12: Bảng tính toán tần suất và quy luật phân bố cho nguyên tố W.

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
0	1	2%
1	1	4%
2	1	8%
3	2	16%
4	3	24%
5	6	40%
6	5	60%
7	4	80%
10	1	88%
11	1	92%
18	1	96%
Total	25	



Hình 2.9: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố W.

Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố W bị lệch chuẩn, do vậy phải tính trung bình theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng. (Hình 2.10.)

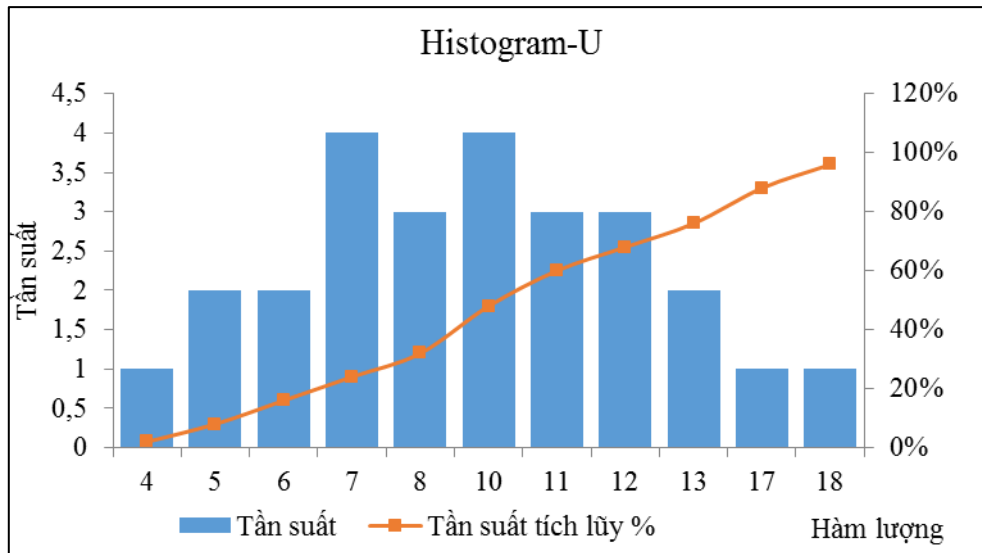


Hình 2.10: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố W.

- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố U.

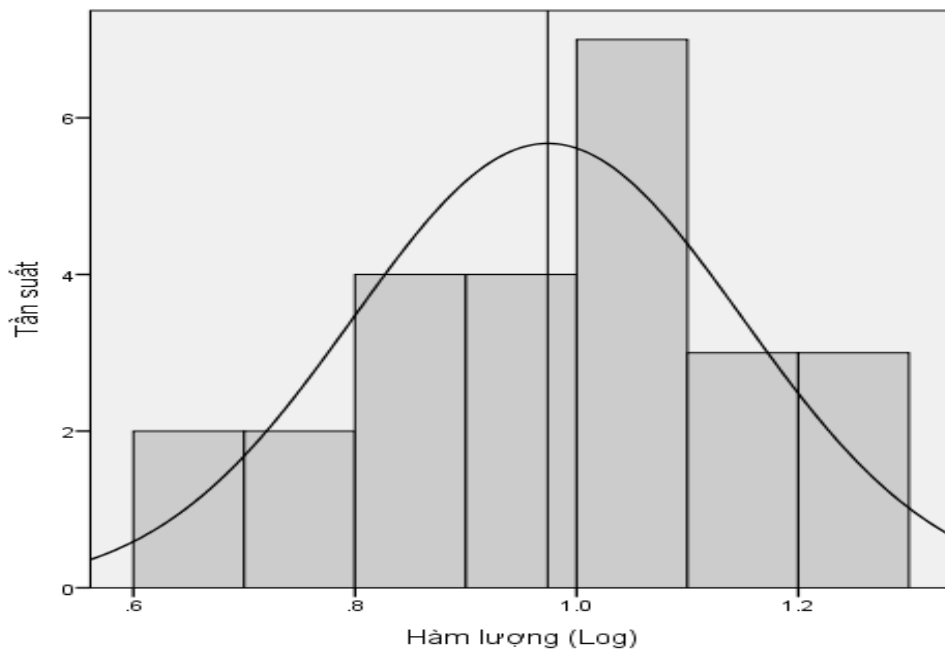
Bảng 2.13: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố U

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
4	1	2%
5	2	8%
6	2	16%
7	4	24%
8	3	32%
10	4	48%
11	3	60%
12	3	68%
13	2	76%
17	1	88%
18	1	96%
Total	25	



Hình 2.11: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố U.

Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố U bị lệch chuẩn, do vậy phải tính trung bình theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng. (Hình 2.12.)



Hình 2.12: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố U.

* Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho các với nguyên tố Mo, W, U thấy đều bị lệch chuẩn, thì sau khi các nguyên tố tuân theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng đối với các nguyên tố Mo, W, U. Riêng với Sn, các tỷ số này xác định nó là nguyên tố phân bố theo luật chuẩn (Bảng 2.14)

Trên cơ sở xác định luật phân bố để chuẩn hoá dữ liệu phục vụ xác định trung bình và hệ số tập trung nguyên tố (Ktt) cho Mo, Sn, W, U.

Bảng 2.14: Luật phân bố nguyên tố Mo, Sn, W, U trong granit porphyry

SH	Mo	Log(Mo)	Sn	W	Log(W)	U	Log(U)
DH 2105/1	9,41	0,97	7,38	5,85	0,77	4,44	0,65
DH 2107/3	5,34	0,73	9,86	6,51	0,81	17,87	1,25
DH 2109/2	1,64	0,21	8,74	5,41	0,73	8,20	0,91
DH 2325	0,97	-0,01	12,29	5,63	0,75	4,91	0,69
DH 2334	1,20	0,08	10,89	6,66	0,82	12,52	1,10
DH 2336	0,83	-0,08	7,56	4,15	0,62	17,49	1,24
DH 2341	1,62	0,21	7,25	10,71	1,03	8,07	0,91
DH 2345	1,52	0,18	8,75	3,90	0,59	18,97	1,28
DH 2348	0,70	-0,15	7,17	0,90	-0,04	11,58	1,06
DH 2404	7,73	0,89	5,85	2,08	0,32	13,96	1,14
DH 2405	0,83	-0,08	6,50	1,72	0,24	11,03	1,04
DH 2416	0,95	-0,02	7,76	2,22	0,35	7,20	0,86
DH 2423	1,39	0,14	7,84	4,58	0,66	7,58	0,88
DH 2439	0,65	-0,13	10,14	3,86	0,59	10,48	1,02
DH 2446	1,45	0,16	9,05	4,51	0,65	6,83	0,83
DH 2462	1,27	0,11	8,00	18,50	1,27	13,24	1,12
DH 2463	2,84	0,45	5,07	11,75	1,07	10,79	1,03
DH 2380	3,15	0,50	11,69	7,28	0,86	12,21	1,09
DH 2381	1,85	0,27	10,39	5,98	0,78	10,91	1,04
DH 2382	2,35	0,37	10,89	6,48	0,81	13,41	1,13
DH 2383	1,05	0,02	9,59	5,18	0,71	9,71	0,99
DH 2384	0,75	-0,12	9,29	4,88	0,69	8,01	0,90
DH 2385	2,85	0,46	11,39	6,98	0,84	5,61	0,75
DH 2386	3,35	0,53	11,89	7,48	0,87	6,71	0,83
DH 2387	2,05	0,31	10,59	6,18	0,79	5,41	0,73

Nhỏ nhất	0,65	-0,15	5,07	0,90	-0,04	4,44	0,65
Lớn nhất	9,41	0,97	12,29	18,50	1,27	18,97	1,28
Trung bình (log)	2,31	0,34	9,03	5,98	0,70	10,28	0,98
Trung bình (10 ^{log})		2,19			5,05		9,53
Clark	1,50		3,00	2,00		3,90	
Ktt		1,46	3,01		2,53		2,44

Bảng 2.15: Bảng tập mẫu granit hạt trung- nhỏ khối granitoid Ngọc Tú, Kon Tum

Stt	SH	As	Ba	Be	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Ga	Ge	La	Li	Mo	Nb	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ta	V	W	Y
1	DH 2109	2,73	62,83	6,20	0,03	16,78	1,35	80,58	21,80	15,51	2,10	9,07	30,81	11,10	9,95	17,18	55,39	2,10	5,44	29,84	1,91	4,67	6,77	16,32
2	DH 2109/1	1,11	68,83	3,45	0,03	22,88	1,63	68,08	31,10	16,22	2,15	12,05	25,12	3,20	12,62	8,72	44,76	2,30	9,29	35,37	2,66	7,93	15,78	20,18
3	DH 2109-KT	1,37	64,43	7,87	0,03	16,63	0,97	94,13	28,10	19,81	2,22	8,97	35,03	9,89	14,12	9,39	59,31	2,10	6,13	38,45	1,27	7,79	2,76	18,51
4	DH 2302/1	0,83	312,74	1,25	0,03	4,65	3,06	39,61	6,10	10,49	2,71	8,83	7,64	0,46	2,37	6,31	89,27	3,20	1,61	56,69	1,69	1,78	1,20	7,39
5	DH 2305/3b	0,94	9,28	3,67	0,05	22,93	1,09	60,38	8,00	14,42	2,29	9,92	18,81	5,50	8,61	5,71	55,70	2,12	6,11	10,86	1,46	4,89	8,90	37,54
6	DH 2331	2,72	538,59	4,99	0,03	81,09	2,69	70,58	4,30	16,02	2,92	42,16	32,49	1,10	17,56	6,78	35,40	4,40	6,50	86,44	2,21	18,80	2,59	26,09
7	DH 2388	1,10	319,87	3,37	1,27	40,69	1,05	57,68	11,85	14,85	1,20	20,75	70,00	4,75	10,92	6,67	33,16	2,45	10,29	44,15	1,20	10,49	5,88	17,78
8	DH 2389	2,40	322,37	2,07	2,57	36,39	3,15	53,38	10,55	13,55	2,50	19,45	37,58	5,13	9,62	5,37	35,66	1,15	8,99	39,85	0,90	9,19	4,58	16,48
9	DH 2390	2,10	317,37	1,77	2,27	38,89	3,65	55,88	10,25	13,25	2,20	19,15	39,58	5,13	10,12	5,07	30,66	0,85	8,69	42,35	3,00	8,89	4,28	11,48
10	DH 2391	2,20	315,67	3,87	4,37	33,89	2,35	50,88	12,35	15,35	4,30	21,25	37,88	7,25	8,82	7,17	28,96	2,95	10,79	37,35	3,50	10,99	6,38	30,48
11	DH 2392	2,70	317,77	4,37	4,87	42,89	2,05	59,88	12,85	15,85	4,80	21,75	39,98	2,75	8,52	7,67	31,06	3,45	11,29	46,35	2,20	11,49	6,88	30,98
12	DH 2393	3,40	318,27	3,07	3,57	37,89	0,75	54,88	11,55	14,55	3,50	20,45	40,48	6,45	7,22	6,37	31,56	2,15	9,99	41,35	1,90	10,19	5,58	29,68
13	DH 2394	3,10	316,97	2,77	3,27	36,19	0,45	53,18	11,25	14,25	3,20	20,15	39,18	7,15	7,72	6,07	30,26	1,85	9,69	37,05	1,60	9,89	5,28	29,38
14	DH 2395	3,60	316,67	3,27	3,77	36,69	2,55	48,88	11,75	14,75	3,70	20,65	38,88	1,65	6,42	6,57	29,96	2,35	10,19	39,55	2,10	10,39	5,78	29,88
15	DH 2396	2,30	318,77	1,97	2,47	35,39	3,05	47,18	10,45	13,45	2,40	19,35	40,98	6,51	5,12	5,27	32,06	4,45	8,89	34,55	0,80	9,09	4,48	28,58
16	DH 2397	2,80	317,07	2,47	2,97	35,89	1,75	42,88	10,95	13,95	2,90	19,85	39,28	7,51	5,62	5,77	30,36	4,95	9,39	32,85	1,30	9,59	4,98	29,08
17	DH 2398	1,50	312,77	1,17	1,67	34,59	1,45	45,38	9,65	12,65	1,60	18,55	34,98	4,48	4,32	4,47	26,06	3,65	8,09	28,55	1,93	8,29	3,68	27,78
18	DH 2399	1,20	315,27	0,87	1,37	34,29	1,15	40,38	9,35	12,35	1,30	18,25	37,48	6,18	4,02	4,17	28,56	3,35	7,79	23,55	1,63	7,99	3,38	27,48
19	DH 2403	1,88	386,15	3,59	0,05	83,95	3,07	59,02	4,00	17,66	2,77	41,50	18,38	7,73	15,11	5,33	40,69	4,70	5,85	44,22	2,11	20,42	2,08	32,37
20	DH 2407	1,33	379,05	4,86	0,04	83,80	3,42	59,27	4,80	17,47	2,82	40,18	57,29	0,83	15,34	11,05	46,04	4,70	6,50	72,61	2,39	20,63	1,72	26,28

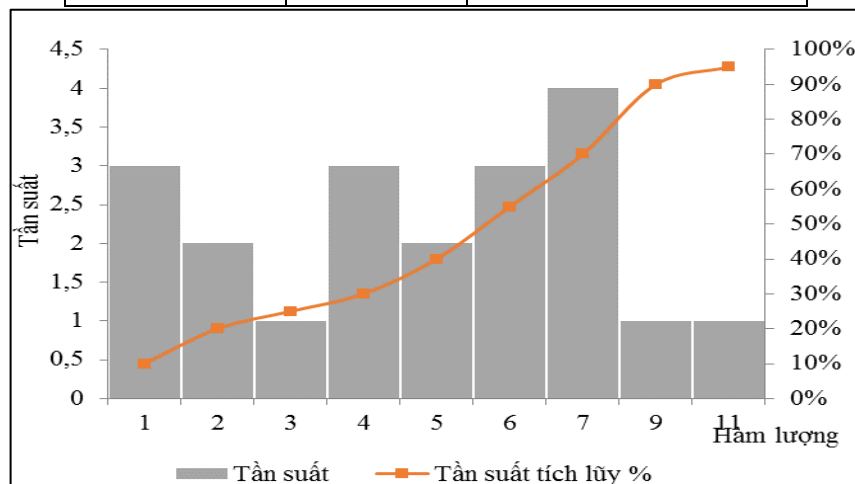
Bảng 2.15 (tiếp)

Stt	SH	Zn	Sr	Rb	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Zr	Cs	Hf	Re	Tl	U
1	DH 2109	9,70	29,84	417,88	1,99	7,37	1,90	0,19	1,68	0,33	2,22	0,45	1,36	0,18	1,31	0,20	10,79	36,33	25,09	1,43	0,005	2,98	16,58
2	DH 2109/1	18,10	35,37	399,28	2,99	9,33	2,51	0,19	2,63	0,55	3,07	0,67	1,97	0,31	2,21	0,28	13,51	39,05	25,11	1,71	0,009	2,80	18,21
3	DH 2109-KT	13,40	38,45	416,49	2,18	7,37	1,84	0,15	1,57	0,32	1,97	0,38	1,16	0,18	1,13	0,16	11,87	53,33	30,33	1,33	0,009	3,16	14,36
4	DH 2302/1	8,10	56,69	390,88	1,49	4,13	0,95	0,35	0,89	0,20	1,39	0,29	0,96	0,18	1,22	0,21	6,21	11,91	27,27	1,00	0,011	2,57	1,38
5	DH 2305/3b	11,50	10,86	336,60	2,84	10,68	3,27	0,14	3,71	0,78	5,93	1,39	4,23	0,63	4,24	0,71	18,17	32,32	13,33	1,45	0,014	2,28	17,11
6	DH 2331	31,20	86,44	352,81	9,88	32,24	7,19	0,65	4,87	0,82	4,77	0,77	2,55	0,35	2,24	0,35	40,70	163,57	16,04	4,25	0,014	2,67	6,90
7	DH 2388	18,85	44,15	303,22	3,97	16,66	2,68	1,53	2,08	1,74	2,26	1,87	8,02	1,46	3,13	1,45	22,20	65,63	21,13	3,27	0,013	1,08	7,91
8	DH 2389	17,55	39,85	292,52	2,67	15,36	1,38	2,83	0,78	3,04	0,96	3,17	6,72	2,76	4,43	2,75	20,50	68,13	19,83	5,37	0,023	1,78	6,21
9	DH 2390	18,05	42,35	262,52	2,37	15,06	1,08	2,53	0,48	2,74	0,66	2,87	6,42	2,46	4,13	2,45	18,80	45,13	19,53	5,87	0,013	1,48	4,51
10	DH 2391	16,75	37,35	254,22	4,47	17,16	3,18	4,63	2,58	4,84	2,76	4,97	8,52	4,561	6,23	4,55	14,50	43,43	21,63	4,57	0,003	3,58	2,08
11	DH 2392	16,45	46,35	274,72	4,97	17,66	3,68	5,13	3,08	5,34	3,262	5,47	9,02	5,06	6,73	5,05	17,00	64,43	22,13	5,87	0,008	4,08	2,71
12	DH 2393	15,15	41,35	314,72	3,67	16,36	2,38	3,83	1,78	4,04	1,96	4,17	7,72	3,76	5,43	3,75	19,30	64,93	20,83	7,97	0,012	2,78	5,01
13	DH 2394	15,65	37,05	304,02	3,37	16,06	2,08	3,53	1,48	3,74	1,66	3,87	7,42	3,46	5,13	3,45	21,80	51,93	20,53	8,47	0,015	2,48	7,51
14	DH 2395	14,35	39,55	324,52	3,87	16,56	2,58	4,03	1,98	4,24	2,16	4,37	7,92	3,96	5,63	3,95	20,50	28,93	21,03	7,17	0,016	2,98	6,21
15	DH 2396	13,05	34,55	274,52	2,57	15,26	1,28	2,73	0,68	2,94	0,86	3,07	6,62	2,66	4,33	2,65	23,00	49,93	19,73	6,87	0,015	1,68	8,71
16	DH 2397	13,55	32,85	263,82	3,07	15,76	1,78	3,23	1,18	3,44	1,36	3,57	7,12	3,16	4,83	3,15	21,30	30,93	20,23	6,57	0,016	2,18	7,01
17	DH 2398	12,25	28,55	233,82	1,77	14,46	0,48	1,93	2,48	2,14	2,66	2,27	5,82	1,86	3,53	1,85	19,60	26,63	18,93	5,27	0,015	0,88	5,31
18	DH 2399	11,95	23,55	225,52	1,47	14,16	0,18	1,63	2,18	1,84	2,36	1,97	5,52	1,56	3,23	1,55	15,30	29,13	18,63	4,97	0,020	0,58	1,01
19	DH 2403	29,10	44,22	405,82	10,92	39,76	8,25	0,59	6,58	1,13	5,54	1,19	3,60	0,43	2,75	0,39	43,73	136,03	16,93	3,93	0,018	3,12	13,96
20	DH 2407	28,70	72,61	403,71	9,45	31,04	6,36	0,60	5,51	0,88	4,65	0,89	2,62	0,43	2,40	0,30	42,54	133,73	16,85	3,66	0,006	2,66	11,03

- + Các tham số tính toán theo tập mẫu là granit hạt trung – nhỏ (20 mẫu)
- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Mo.

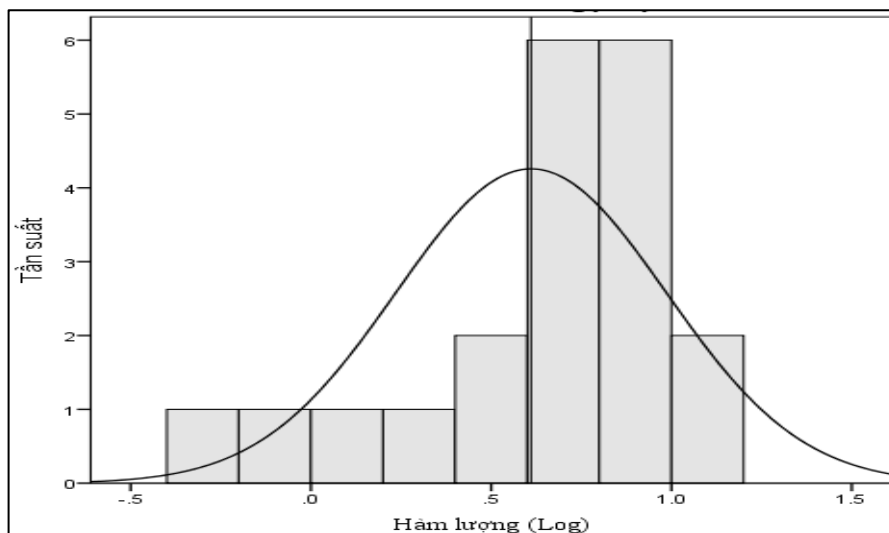
Bảng 2.16: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Mo

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
1	3	10%
2	2	20%
3	1	25%
4	3	30%
5	2	40%
6	3	55%
7	4	70%
9	1	90%
11	1	95%
Total	20	



Hình 2.13: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Mo

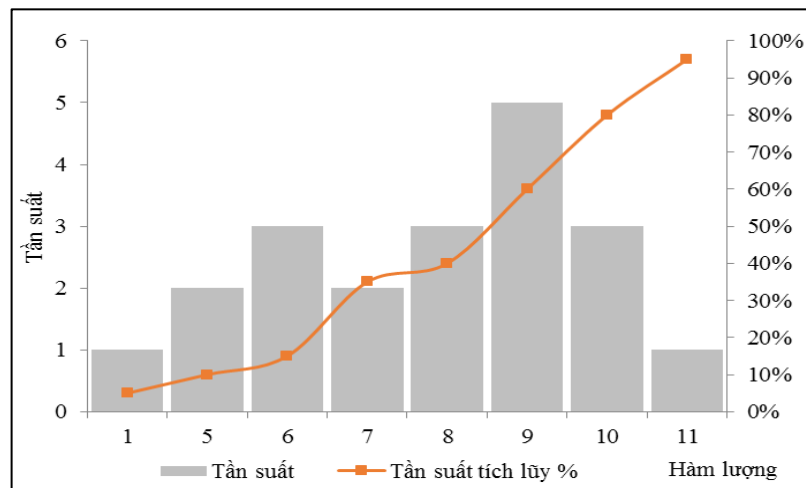
Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố Mo bị lệch chuẩn, do vậy phải tính trung bình theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng (Hình 2.14).



Hình 2.14: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố Mo
- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Sn.

Bảng 2.17: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố Sn

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
1	1	5%
5	2	10%
6	3	15%
7	2	35%
8	3	40%
9	5	60%
10	3	80%
11	1	95%
Total	20	

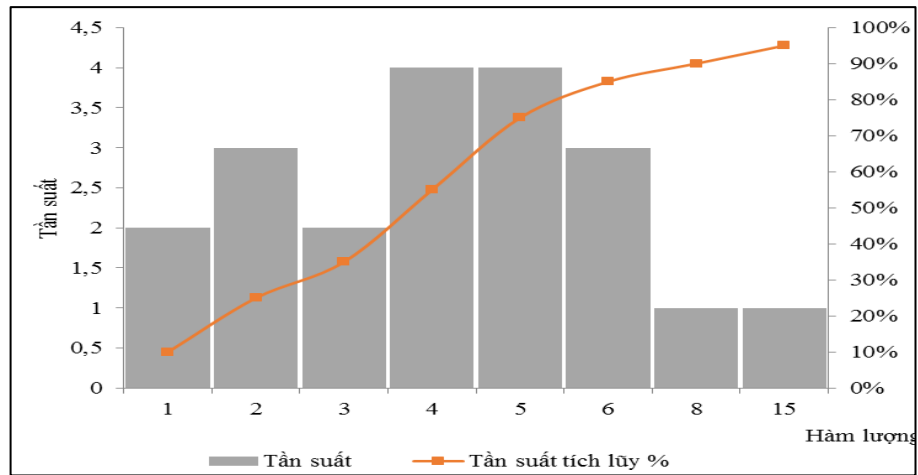


Hình 2.15: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố Sn
Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố Sn bị lệch chuẩn, do vậy tính trung bình theo hàm lượng.

- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố W.

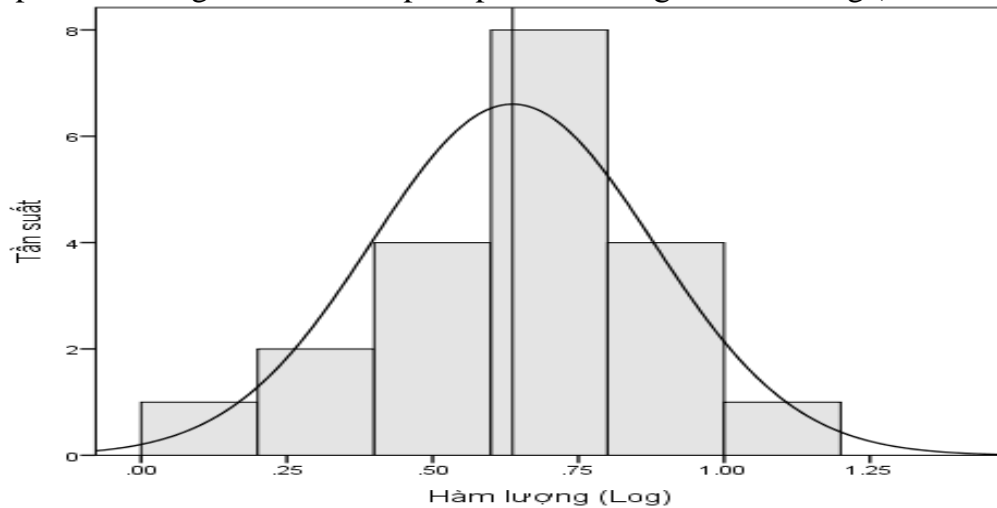
Bảng 2.18: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố W

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
1	2	10%
2	3	25%
3	2	35%
4	4	55%
5	4	75%
6	3	85%
8	1	90%
15	1	95%
Total	20	



Hình 2.16: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố W

Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố W bị lệch chuẩn, do vậy phải tính trung bình theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng (Hình 2.17).

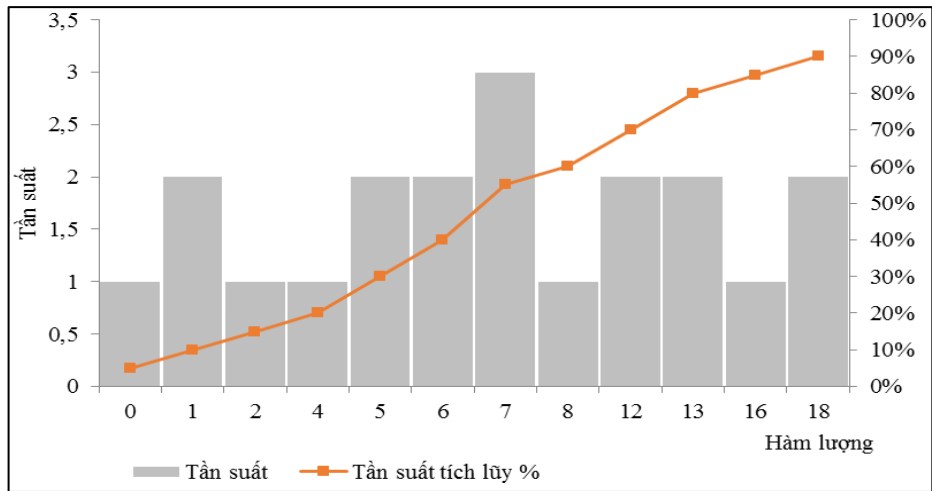


Hình 2.17: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố W

- Tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố U.

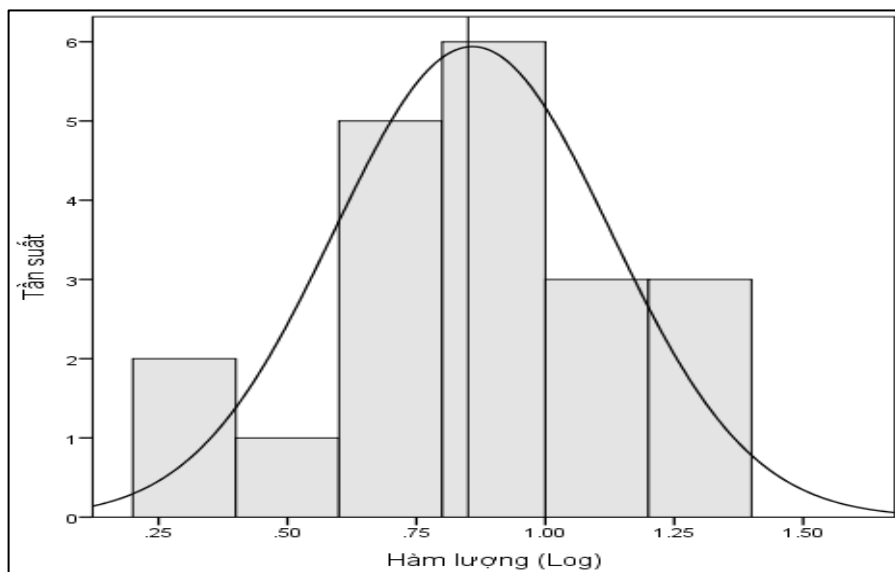
Bảng 2.19: Bảng tính toán tần số và quy luật phân bố cho nguyên tố U

Hàm lượng	Tần suất	Tần suất tích lũy
0	1	5%
1	2	10%
2	1	15%
4	1	20%
5	2	30%
6	2	40%
7	3	55%
8	1	60%
12	2	70%
13	2	80%
16	1	85%
18	2	90%
Total	20	



Hình 2.18: Biểu đồ Histogram thể hiện tần suất và tần suất tích lũy nguyên tố U

Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho thấy nguyên tố W bị lệch chuẩn, do vậy phải tính trung bình theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng (Hình 2.19).



Hình 2.19: Biểu đồ Histogram theo luật phân phối chuẩn logarit nguyên tố U

* Kết quả tính toán tần số và quy luật phân bố cho các với nguyên tố Mo, W, U thày đều bị lệch chuẩn, thì sau khi các nguyên tố tuân theo luật phân phối chuẩn logarit hàm lượng đối với các nguyên tố Mo, W, U. Riêng với Sn, các tỷ số này xác định nó là nguyên tố phân bố theo luật chuẩn (Bảng 2.20).

Bảng 2.20. Luật phân bố nguyên tố Mo, Sn, W, U trong granit hạt trung-nhỏ

SH	Mo	Log(Mo)	Sn	W	Log(W)	U	Log(U)
DH 2109	11,10	1,05	5,44	6,77	0,83	16,58	1,22
DH 2109/1	3,20	0,50	9,29	15,78	1,20	18,21	1,26
DH 2109-KT	9,89	1,00	6,13	2,76	0,44	14,36	1,16
DH 2302/1	0,46	-0,34	1,61	1,20	0,08	1,38	0,14
DH 2305/3b	5,50	0,74	6,11	8,90	0,95	17,11	1,23
DH 2331	1,10	0,04	6,50	2,59	0,41	6,90	0,84
DH 2388	4,75	0,68	10,29	5,88	0,77	7,91	0,90
DH 2389	5,13	0,71	8,99	4,58	0,66	6,21	0,79
DH 2390	5,13	0,71	8,69	4,28	0,63	4,51	0,65
DH 2391	7,25	0,86	10,79	6,38	0,81	0,21	-0,68
DH 2392	2,75	0,44	11,29	6,88	0,84	2,71	0,43
DH 2393	6,45	0,81	9,99	5,58	0,75	5,01	0,70
DH 2394	7,15	0,85	9,69	5,28	0,72	7,51	0,88
DH 2395	1,65	0,22	10,19	5,78	0,76	6,21	0,79
DH 2396	6,51	0,81	8,89	4,48	0,65	8,71	0,94
DH 2397	7,51	0,88	9,39	4,98	0,70	7,01	0,85
DH 2398	4,48	0,65	8,09	3,68	0,57	5,31	0,72
DH 2399	6,18	0,79	7,79	3,38	0,53	1,01	0,01
DH 2403	7,73	0,89	5,85	2,08	0,32	13,96	1,14
DH 2407	0,83	-0,08	6,50	1,72	0,24	11,03	1,04
Nhỏ nhất	0,46		1,61	1,20		0,21	
Lớn nhất	11,10		11,29	15,78		18,21	
Trung bình (log)		0,61	8,07		0,66	8,09	0,89
Trung bình (10 ^{log})		4,08			4,54		7,69
Clark	1,50		3,00	2,00		3,90	
Ktt		2,72	2,69		2,27		1,97

Trong chương 3, các nguyên tố sử dụng để luận giải tính chuyên hoá địa hoá, tiềm năng khoáng sản của granitoid khối Ngọc Tú được kiểm tra luật phân bố theo công thức nêu trên.

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ TÍNH CHUYÊN SINH KHOÁNG CỦA GRANITOID KHỐI NGỌC TỤ, KON TUM

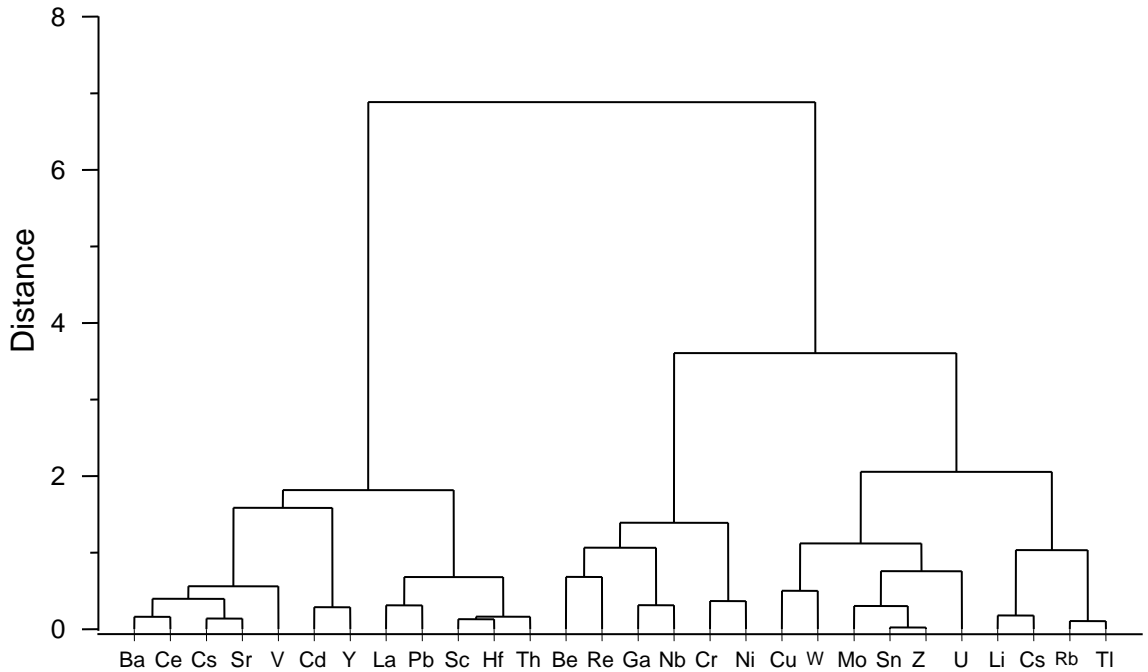
3.1. Tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ trên cơ sở nghiên cứu chuyên hóa địa hóa

Như đã nêu ở phần trên, các đá granitoid khối Ngọc Tụ được phân chia thành 2 tập mẫu theo thành phần thạch học là granit porphyr và granit hạt trung- nhỏ (Hình 2.2). Các mẫu địa hóa nguyên sinh được phân tập dựa vào kết quả mô tả tại thực địa có đối sánh với bản đồ địa chất ở các tỷ lệ khác nhau và được kiểm chứng thông qua kết quả phân tích thạch học, các tham số phân bố các nguyên tố, tính toán hệ số tập trung (Ktt)

Đối với granit pophyr, các tham số phân bố các nguyên tố, tính toán hệ số tập trung (Ktt). Theo kết quả tính toán ở Bảng 3.1, đặc trưng là nhóm các nguyên tố có tính chuyên hóa địa hóa (vượt trị số Clark) gồm: Be; Li; Mo; Th; Cd; Ni; Pb; Sn; W; Re; U.

Bảng 3.1: Tham số địa hóa các nguyên tố trong granit porphyr (n -25 mẫu)

Nguyên tố	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình (log)	Trung bình (10^{\log})	Clark	Ktt
Be	2,37	15,15	5,53		3,60	1,54
Cd	0,03	2,87	0,45		0,17	2,63
Li	18,38	134,12	56,66		37	1,53
Mo	0,65	7,73	1,96			
Log(Mo)	-0,15	0,89	0,34	2,19	1,50	1,46
Ni	4,47	56,75	11,29		3,50	3,23
Pb	34,86	76,70	45,45		19	2,39
Sn	5,07	11,89	9,03		3	3,01
W	0,90	18,50	5,97			
Log(W)	-0,04	1,27	0,70	5,05	2	2,53
Th	9,35	52,35	30,14		18	1,67
Cs	13,21	37,27	22,10		0,50	44,19
Re	0,006	0,019	0,015		0,001	12,149
Tl	0,08	3,12	2,22		1,90	1,17
U	5,41	23,24	10,96			
Log(U)	0,73	1,37	1,01	10,13	3,90	2,44



Hình 3.1: Biểu đồ Dendrogram khoảng cách (d) các nguyên tố trong granit porphyry
 Trên hình 3.1 có thể ghi nhận sự phân dị rõ nét 5 nhóm nguyên tố có tương quan chặt chẽ với nhau như sau (chữ đậm là các nguyên tố có chuyên hóa địa hóa dương):

Nhóm 1: **Sn-Zn-Mo-U-W-Cu.**

Nhóm 2: **Li-Cs-Rb-Tl.**

Nhóm 3: **Ga-Nd-Be-Ga-Re-Cr-Ni**

Nhóm 4: **Pb-La-Sc-Hf-Th**

Nhóm 5: Ba-Ce-Cs-Sr-V-Cd-Y

Trong đó, các nguyên tố có tính chuyên hóa địa hóa tập trung chủ yếu ở 2 nhóm đầu, còn ở nhóm 5 chủ yếu là các nguyên tố không có chuyên hóa địa hóa. Mặc dù, các nguyên tố Re, Be có chuyên hóa địa hóa dương và không nằm cùng nhóm tương quan chặt với các nguyên tố tạo quặng chính trong nhóm 1 và 2, nhưng trên hình 3.1, các nhóm 1, 2 và 3 cùng kết nối với nhau trong một chùm tương quan với hệ số khoảng cách $d \approx 4$.

Trong granit hạt trung- nhỏ, các tham số phân bố các nguyên tố, tính toán hệ số tập trung (Ktt) có sự tương đồng với granit porphyry về đặc điểm phân bố của các tổ hợp các nguyên tố theo hệ số tập trung, cụ thể là (Bảng 3.2), đặc trưng là nhóm các nguyên tố có tính chuyên hóa địa hóa (vượt trị số Clark) gồm: As; Co; Cu; Ni; Pb; Mo; Sn; W; Re; U.

Bảng 3.2: Tham số địa hóa các nguyên tố trong granit hạt trung - nhỏ (n-20 mẫu)

Nguyên tố	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình (log)	Trung bình (10^{\log})	Clark	Ktt
As	0,83	3,60	2,07		1,6	1,29
Cd	0,03	4,87	1,74		0,17	10,21
Co	0,45	3,65	2,03		1	2,03
Cu	4,00	31,10	12,05		10	1,21
Li	7,64	57,29	33,12		37	0,90
Mo	0,46	11,10				
Log(Mo)			0,61	4,08	1,5	2,72
Ni	4,17	17,18	7,06		3,5	2,02
Pb	26,06	89,27	39,74		19	2,09
Sn	1,61	11,29	8,07		3	2,69
W	1,20	15,78				
Log(W)	0,08	1,20	0,66	4,54	2	2,27
Th	6,21	43,73	21,06		18	1,17
Cs	13,33	30,33	20,75		0,5	41,51
Re	0,00	0,02	0,01		0,0006	21,42
Tl	0,58	4,08	2,39		1,9	1,26
U	0,21	18,21				
Log(U)			0,89	7,69	3,9	1,97

Phân tích chùm hàm lượng các nguyên tố hóa học ở hình 3.2 cho thấy, trong granit hạt trung - nhỏ có 5 nhóm tương quan chặt như sau:

Nhóm 1: **Pb-Cd-Y**

Nhóm 2: **Mo-U-Cu-Sn-W**

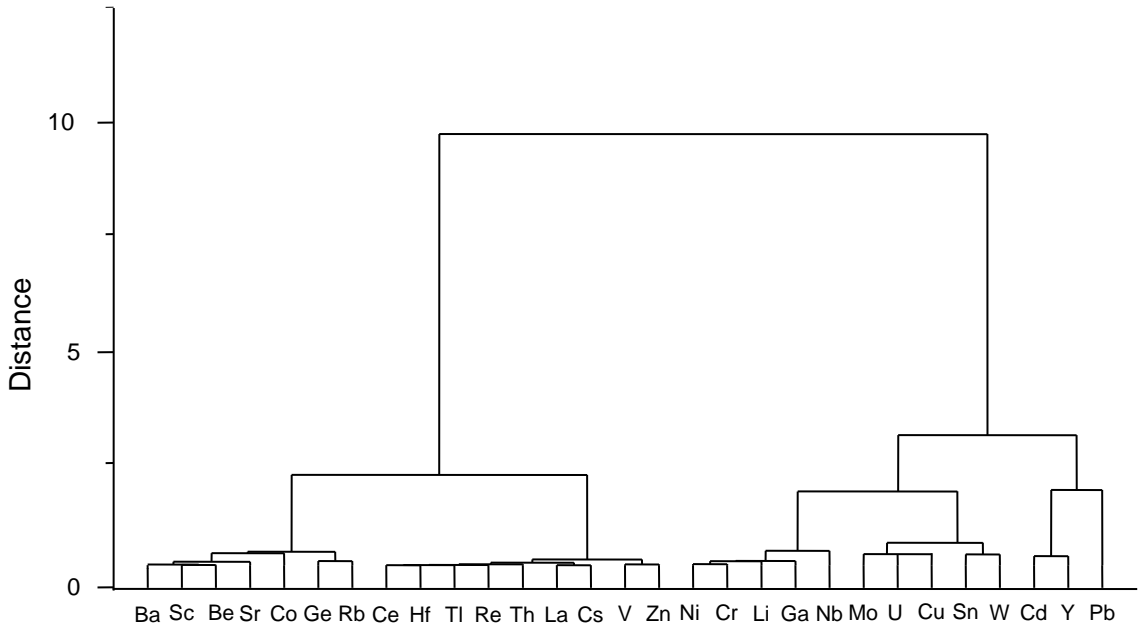
Nhóm 3: Ni-Cr-Li-Ga-Nb

Nhóm 4: Ce-Hf-Tl-**Re**-Th-La-Cs-V-Zn

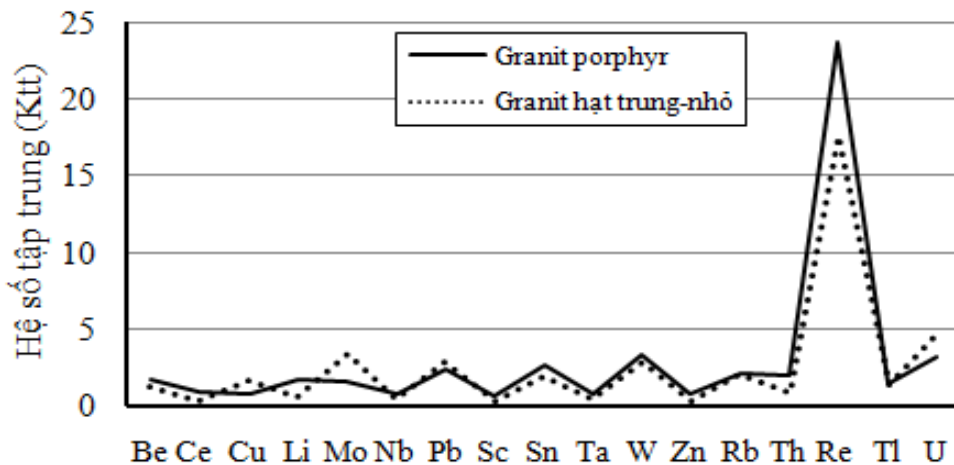
Nhóm 5: Ba-Sc-Be-Sr-Co-Ge-**Rb**

Như vậy, về tổng quan, granit porphyr và granit hạt trung - nhỏ có thành phần các nguyên tố chuyên hóa địa hóa dương giống nhau, đồng thời các nguyên tố tạo quặng kim loại chính Mo, W, U, Sn có tương quan chặt chẽ với nhau. Điều này cũng được thể hiện rõ nét bởi biểu đồ biến thiên hệ số tập trung các nguyên tố chính ở hình 3.3.

Điểm khác biệt chính của granit hạt trung - nhỏ so với granit porphyr là trong tổ hợp các nguyên tố có chuyên hóa địa hóa dương có sự xuất hiện của Cu và thiếu vắng Th, Be, Li. Đồng thời, các nguyên tố tạo quặng chính như Pb, Mo, U có hệ số tập trung cao hơn so với granit porphyr (hình 3.3).



Hình 3.2: Biểu đồ Dendrogram khoảng cách (d) các nguyên tố trong granit hạt trung - nhỏ



Hình 3.3: Biến thiên hệ số tập trung của các nguyên tố hóa học trong granit porphyry và granit hạt trung - nhỏ khối Ngọc Tụ

Điểm đáng lưu ý là, mặc dù không có tính chuyên hóa địa hóa, nhưng hệ số tập trung của Ni trong đá granit hạt trung – nhỏ (1,90) nhỏ hơn hẳn so với trong granit porphyry (2,32). Đồng thời, hàm lượng của Cu trong granit porphyry chỉ đạt 0,89 gia tăng lên tới 1,05 trong granit hạt trung – nhỏ, đạt mức chuyên hóa địa hóa dương. Cả 2 nguyên tố này không đặc trưng và được xem là nguyên tố “lạ” đối với đá magma axit, có thể do chúng được đồng hóa từ đá vây quanh trong quá trình hoạt động xâm nhập.

Về sự có mặt với hàm lượng cao của một số nguyên tố rất hiếm như Cs và Re có thể giải thích như sau: Với Reni (Re), trong bảng tuần hoàn các nguyên tố

hóa học, Re nằm cạnh W và Mo, do đó thường có mặt trong molipdenit và wolframit. Theo Ivanov V.V. (1997) [39], hàm lượng Re trong molipdenit có thể lên tới 1,8%. Reni thường là thành phần có ích đi kèm, được thu hồi trong quá trình xử lý quặng Mo. Theo Apellsin Ph.R. (1985), trong các mỏ Mo thuộc thành hệ molipdenit, khoáng sản đi kèm thường là W và Re.

Xezi (Cs) có hành vi địa hóa gần gũi với Rb, K và Tl. Có xu hướng tập trung trong giai đoạn cuối của quá trình magma. Khoáng vật có ý nghĩa công nghiệp cho thu hồi Cs là ilmenit, monazit, khoáng vật của U. Trong wolframit greisen, hàm lượng trung bình có thể đạt 0,06%Cs. Hàm lượng cao nhất là trong pegmatit, trung bình đạt 0,01% (Ivanov V.V., 1997) [39].

Trên cơ sở kết quả nêu trên, có thể nhận định rằng đá granitoid khối Ngọc Tú có chuyên hóa sinh khoáng Mo, W, U.

3.2. Tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tú trên cơ sở nghiên cứu các modul thạch hóa, kiểu magma, bối cảnh kiến tạo magma

Để đánh giá kiểu sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tú, như đã nêu ở chương 2, ngoài hệ số tập trung (Ktt) và tổ hợp nguyên tố đặc trưng, luận án còn áp dụng dữ liệu theo các modul thạch hóa, kiểu magma tích hợp với bối cảnh kiến tạo magma và môi trường địa hóa trong quá trình luận giải. Ở đây, modul địa hóa ở đây với mức độ biến thiên thành phần phức tạp, nhiều thành phần linh động trong các quá trình địa chất nên chỉ là một yếu tố định hướng chung, mang ý nghĩa chỉ số thực nghiệm - so sánh. Cụ thể như sau:

a. Sử dụng phương pháp của Permiakov B.N. (1986), trên cơ sở nguồn số liệu đã có, luận án đã tính toán 5 modul thạch hóa theo khối lượng nguyên tử của các nguyên tố tạo đá của granitoid khối Ngọc Tú (bảng 3.3), bao gồm: độ Silic: q; độ Calci: c; độ Kiềm: α ; độ Sắt: f.

Bảng 3.3: Giá trị tính toán các modul thạch hóa cho granitoid khối Ngọc Tú

TT	SHM	Độ silic (q)	Độ calci (c)	Độ kiềm (α)	Độ sắt (f)	Kiểu kiềm (n)
1	DH 2405	0,73	0,06	1,09	0,93	0,21
2	DH 2341	0,82	0,09	0,75	0,85	0,01
3	DH 2336	0,75	0,07	0,96	0,89	0,24
4	DH 2325	0,73	0,06	0,85	0,92	0,22

5	DH 2423	0,76	0,07	0,90	0,86	0,20
6	DH 2439	0,77	0,07	0,87	0,85	0,22
7	DH 2416	0,75	0,05	0,87	0,86	0,22
8	DH 2463	0,76	0,05	0,90	0,96	0,28
9	DH 2348	0,74	0,06	0,85	0,90	0,22
10	DH 2345	0,76	0,07	0,87	0,83	0,25
11	DH 2105/1	0,78	0,08	0,87	0,85	0,23
12	DH 2107/3	0,77	0,05	0,88	0,79	0,21
13	DH 2404	0,75	0,03	0,97	0,90	0,19
14	DH 2446	0,74	0,07	0,82	0,87	0,26
15	DH 2109/2	0,75	0,06	0,87	0,84	0,24
16	DH 2334	0,74	0,05	0,86	0,90	0,23
17	DH 2462	0,73	0,05	0,90	0,93	0,25
18	DH 2109	0,75	0,05	0,95	0,85	0,23
19	DH 2109-KT	0,74	0,06	0,96	0,90	0,23
20	DH 2109/1	0,73	0,06	0,91	0,90	0,27
21	DH 2302/1	0,82	0,09	0,56	0,80	0,05
22	DH 2305/3b	0,73	0,07	0,94	0,87	0,29
23	DH 2331	0,74	0,05	0,91	0,88	0,22
24	DH 2387	0,75	0,07	0,95	0,90	0,51
25	DH 2381	0,75	0,13	0,99	0,91	0,25
26	DH 2382	0,75	0,09	0,95	0,92	0,50
27	DH 2385	0,72	0,10	0,93	0,90	0,22
28	DH 2389	0,72	0,14	0,99	0,85	0,23
29	DH 2390	0,73	0,03	0,92	0,97	0,40
30	DH 2395	0,75	0,05	0,84	0,90	0,23
31	DH 2396	0,74	0,05	0,84	0,94	0,27
Trung bình		0,75	0,07	0,90	0,89	

Bảng 3.4: Giá trị modul thạch hóa của granitoid khối Ngọc Tụ đối sánh với nhóm đá granitoid vùng Zabaical, LB Nga

Nhóm đá granitoid		Modul thạch hóa			
Số hiệu	Kiểu sinh khoáng	q	c	α	f
I	Đa kim-Au và đa kim	0,49-0,55	0,235-0,31	0,65-0,72	0,32-0,53
		0,55-0,60	0,12-0,26	0,69-0,80	0,32-0,40
II	Mo-Au	0,62-0,68	0,15-0,24	0,72-0,80	0,32-0,44
		0,68-0,70	0,15-0,18	0,72-0,85	0,32-0,52
IIIa	Mo	0,70-0,72	0,14-0,20	0,65-0,76	0,57-0,62
		0,72-0,74	0,105-0,20	0,72-0,86	0,44-0,62
IIIb	Mo	0,74-0,76	0,125-0,15	0,67-0,70	0,54-0,70
		0,76-0,785	0,105-0,15	0,67-0,78	0,54-0,70
IV	W-Mo	0,74-0,76	0,01-0,07	0,90-1,01	0,70-0,825
V	W và fluorit	0,74-0,76	0,07-0,09	0,81-0,90	0,825-0,92
		0,76-0,785	0,01-0,09	0,78-1,01	0,70-0,92
VI	W-Sn và kim loại kiềm hiếm	0,785-0,805	0,02-0,08	0,75-1,00	0,59-0,97
VII	Nb chứa F, Nb-W và fluorit	0,805-0,83	0,01-0,08	0,75-0,91	0,74-0,93
Granitoid khối Ngọc Tụ		0,75	0,07	0,90	0,89

Kết quả giá trị modul thạch hóa của granitoid khối Ngọc Tụ đối sánh với nhóm đá granitoid vùng Zabaical, LB Nga cho thấy:

Độ silic (q) khá ổn định, dao động trong khoảng $0,71 \div 0,78$ trung bình 0,75 tương ứng với kiểu sinh khoáng Mo (IIIb), W-Mo (IV), W và fluorit (V). Nhưng 92,3% mẫu phân bố trong khoảng $0,75 \div 0,78$ nên kiểu sinh khoáng liên quan Mo, W-Mo, W và fluorit.

Độ calci (c) dao động khá mạnh (từ $0,03 \div 0,14$), trung bình 0,07 tương ứng với kiểu sinh khoáng W-Mo (IV), W và fluorit (V), W-Sn và kim loại kiềm hiếm (VI), Nb chứa F, Nb-W và fluorit (VII).

Độ kiềm (α) dao động trong khoảng $0,73 \div 0,96$ trung bình 0,90 tương ứng với kiểu sinh khoáng W-Mo (IV), W và fluorit (V), W-Sn và kim loại kiềm hiếm (VI), Nb chứa F, Nb-W và fluorit (VII). Nhưng có 78% mẫu nằm trong khoảng 0,76

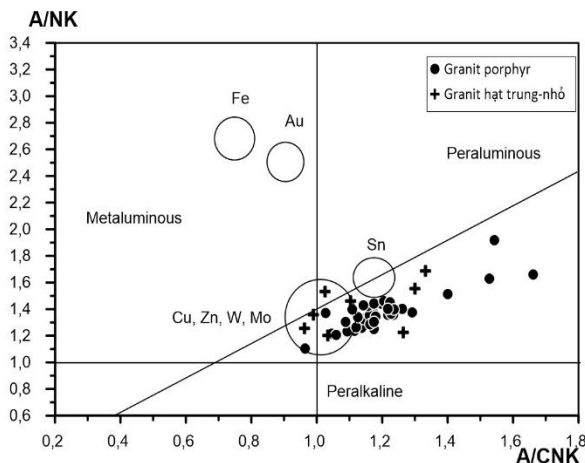
÷ 0,90 nên kiểu sinh khoáng liên quan Mo-Au, Mo.

Độ sắt (f) chủ yếu nằm trong trường giá trị 0,80÷0,95 (chiếm 80% mẫu) trung bình 0,89 đặc trưng cho (kiểu V) kiểu khoáng hóa W.

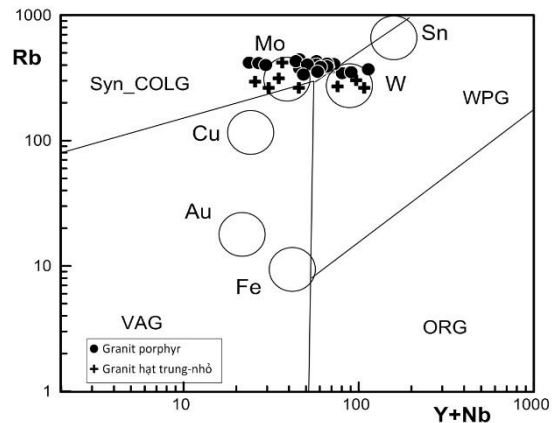
Như vậy, đối sánh theo các kiểu sinh khoáng trong granit bằng phương pháp của Permiakov B.N. (1986), có thể thấy rằng granitoid khối Ngọc Tụ chủ yếu có tiềm năng sinh quặng W, Mo và fluorit.

b. Cơ sở các biểu đồ kiểu sinh khoáng để đánh giá mối liên quan của granitoid Ngọc Tụ với khoáng sản cũng khá phù hợp với nhận định nêu trên.

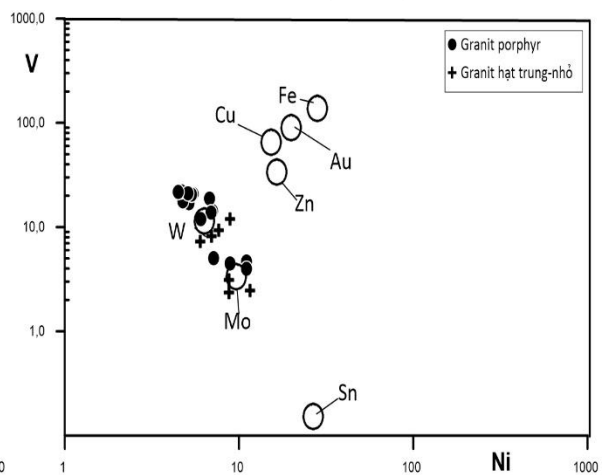
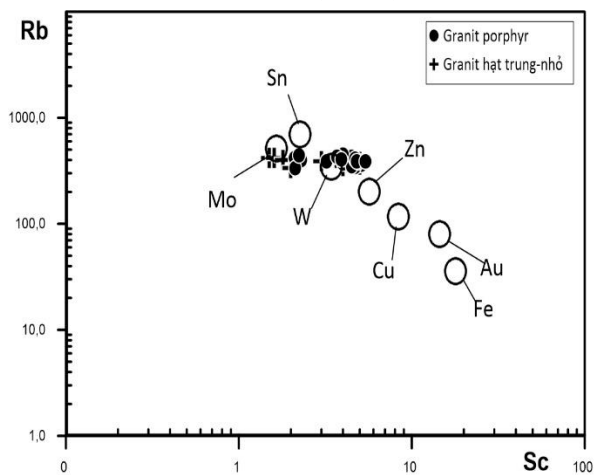
Kết quả bảng 3.5 và biểu đồ A/NK-A/CNK thể hiện kiểu sinh khoáng của Le Maitre (1989); Meinert (1995), Rb-(Y+Nb) trên biểu đồ sinh khoáng của Pearce (1984); Meinert (1995) cho thấy granitoid Ngọc Tụ liên quan kiểu sinh khoáng Cu, Zn, W, Mo (Hình 3.4 và 3.5).



Hình 3.4: Biểu đồ sinh khoáng granitoid khối Ngọc Tụ theo Le Maitre (1989) và Meinert (1995)



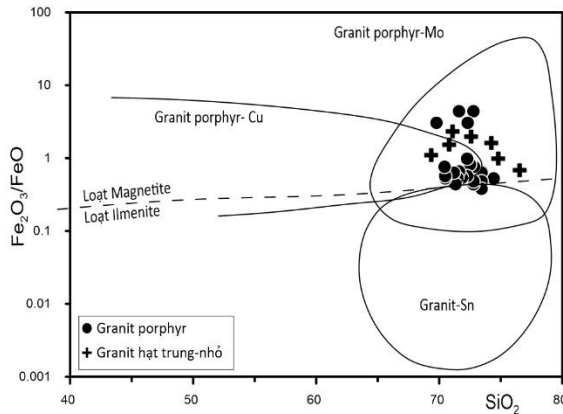
Hình 3.5: Biểu đồ sinh khoáng granitoid khối Ngọc Tụ theo Pearce (1984) và Meinert (1995)



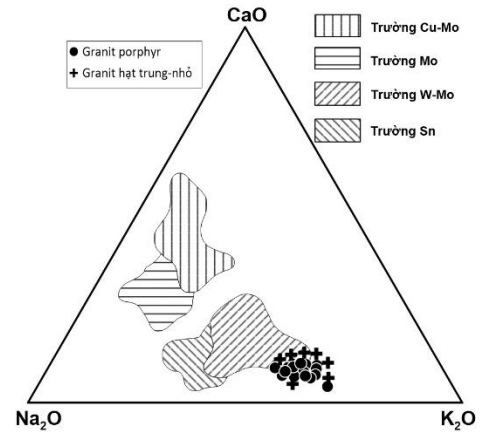
Hình 3.6: Biểu đồ sinh khoáng theo Meinert (1995) cho granitoid khối Ngọc Tụ

Còn trên biểu đồ cấu tử Rb-Cs, V-Ni của Meinert (1985), granitoid Ngọc Tú nằm trong kiểu sinh khoáng của Mo và W (Hình 3.6).

Kết quả này cũng được khẳng định bởi biểu đồ 3 cấu tử CaO-Na₂O-K₂O của Pokalov V.T. (Hình 3.8). Bằng biểu đồ 2 cấu tử Fe₂O₃/FeO – SiO₂ của D. Taylor (Hình 3.7) có xu hướng tương tự.

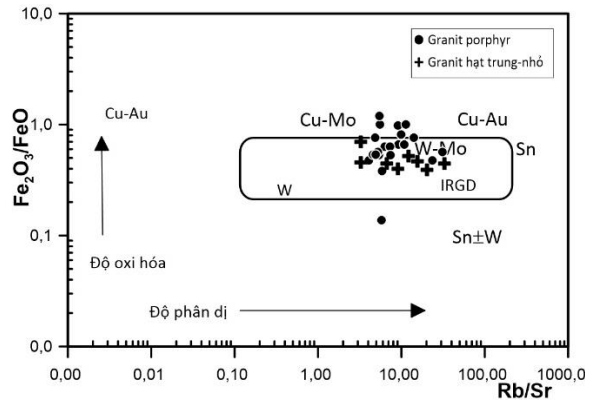
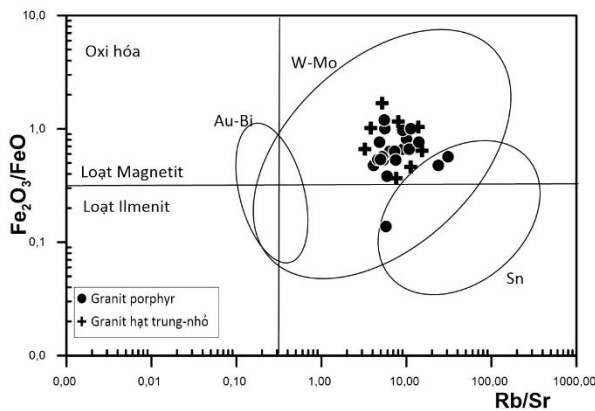


Hình 3.7: Biểu đồ sinh khoáng granitoid theo Ryan D. Taylor (2010)



Hình 3.8: Biểu đồ sinh khoáng granitoid theo V.T. Pokalov (1973)

Trên biểu đồ cấu tử (Fe₂O₃/FeO) – (Rb/Sr) của Blevin. P.L, (2004) cho thấy granitoid khối Ngọc Tú chủ yếu thuộc loạt magnetit và liên quan với các mỏ khoáng sản W-Mo (Hình 3.9).



Hình 3.9: Biểu đồ sinh khoáng granitoid theo Blevin. P.L, (2004); theo độ oxy hóa khử và theo độ phân dị

Như vậy, trên cơ sở phương pháp của modul thạch hóa Permiakov B.N và các biểu đồ kiểu sinh khoáng cho thấy granitoid khối Ngọc Tú có chuyên hóa sinh khoáng Mo, W.

Bảng 3.5: Bảng các thông số nguyên tố chính (%tl) và vi lượng (ppm) trong granitoid khối Ngọc Tú

SH	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	K ₂ O	Rb	Sr	Y	Nb	Sc	V	Ni	A/NK	A/CNK	Fe ₂ O ₃ /FeO	Y+Nb	Rb/Sr
DH 2405	72,30	0,14	11,73	1,91	0,63	0,84	5,72	403,71	72,61	26,28	31,04	4,70	20,63	11,05	1,10	0,96	3,03	57,32	5,56
DH 2341	72,76	0,16	11,95	1,05	0,24	0,83	5,63	345,68		31,23	49,34	4,70	20,71	5,46	1,92	1,54	4,38	80,57	
DH 2336	72,48	0,17	12,12	1,03	1,27	0,88	4,95	430,66	43,21	20,33	23,33	3,70	11,93	6,03	1,21	1,05	0,81	43,65	9,97
DH 2325	73,44	0,21	14,56	1,08	1,70	0,72	5,34	428,47	67,87	23,77	33,58	4,50	19,14	7,14	1,40	1,24	0,64	57,35	6,31
DH 2423	74,44	0,20	13,70	0,55	1,04	0,90	5,53	409,45	76,76	30,21	35,91	4,70	21,26	5,08	1,34	1,16	0,53	66,12	5,33
DH 2439	72,76	0,21	13,62	0,16	1,16	0,89	5,11	389,43	67,96	30,86	34,91	4,80	21,87	4,47	1,37	1,18	0,14	65,77	5,73
DH 2416	71,46	0,22	13,70	0,62	1,16	0,56	5,22	381,17	77,21	30,89	36,08	4,90	22,06	4,67	1,36	1,23	0,53	66,96	4,94
DH 2463	73,42	0,08	13,17	0,66	1,38	0,62	4,70	442,14	18,77	9,86	6,68	2,23	5,30	30,43	1,26	1,14	0,48	16,54	23,56
DH 2348	73,42	0,21	14,08	0,73	1,91	0,78	5,20	369,57	62,84	64,22	48,99	4,00	16,91	5,15	1,40	1,22	0,38	113,21	5,88
DH 2345	72,84	0,22	13,56	0,64	0,84	0,91	4,90	350,57	72,59	52,72	37,84	4,50	17,78	4,77	1,33	1,14	0,76	90,56	4,83
DH 2107/3	71,62	0,23	13,50	1,05	0,24	0,62	5,30	380,65	69,77	35,62	33,24	5,30	20,20	8,87	1,36	1,22	4,38	68,86	5,46
DH 2404	73,50	0,21	12,40	0,93	1,41	0,36	5,52	405,82	44,22	32,37	39,76	4,70	20,42	5,33	1,25	1,17	0,66	72,13	9,18
DH 2446	72,26	0,28	13,81	0,90	1,59	0,78	4,62	387,71	74,36	29,14	31,51	5,40	26,55	29,84	1,40	1,22	0,57	60,65	5,21
DH 2334	72,26	0,18	13,79	1,25	1,28	0,63	5,12	446,43	49,44	21,70	24,24	4,00	13,82	6,91	1,37	1,23	0,98	45,94	9,03
DH 2462	71,20	0,16	13,38	1,08	1,70	0,61	4,99	403,48	55,26	26,63	24,16	3,90	16,83	56,75	1,29	1,16	0,64	50,78	7,30
DH 2109	70,44	0,17	12,98	0,64	0,84	0,63	5,31	417,88	29,84	16,32	7,37	2,10	4,67	17,18	1,24	1,12	0,76	23,69	14,00
DH 2302/1	71,30	0,21	14,30	0,16	1,16	0,75	4,77	390,88	56,69	7,39	4,13	3,20	1,78	6,31	2,44	1,98	0,14	11,52	6,89
DH 2331	72,76	0,23	13,73	0,66	1,38	0,65	5,49	352,81	86,44	26,09	32,24	4,40	18,80	6,78	1,31	1,17	0,48	58,33	4,08

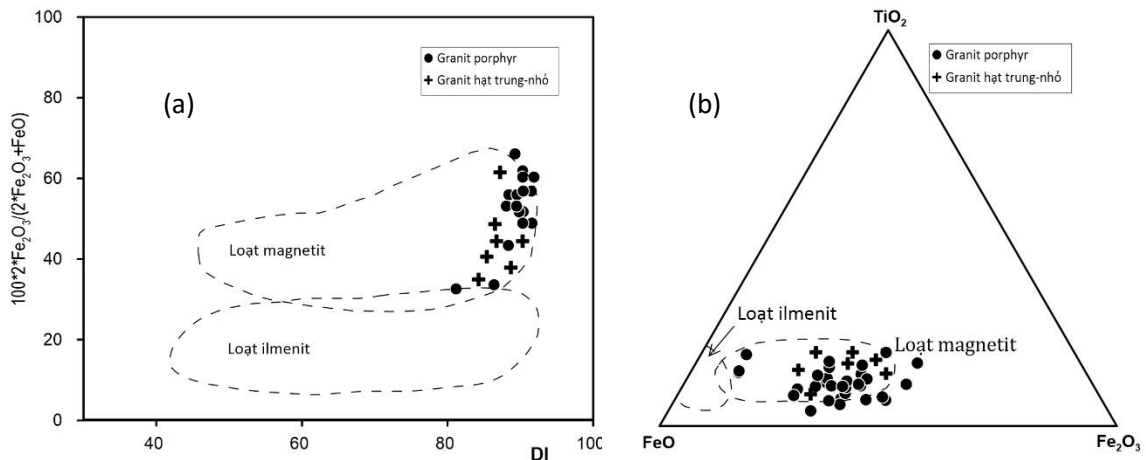
Nguồn số liệu: phân tích tại Viện địa chất Viễn đông, CHLB Nga, 2018 [9]

3.3. Tính chuyên hóa sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ trên cơ sở nghiên cứu đặc tính oxy hóa - khử của magma

Đặc tính oxy hóa – khử của magma là yếu tố môi trường địa hóa quyết định hành vi của các nguyên tố, quyết định sự di chuyển/ tích tụ, dạng tồn tại của chúng trong quá trình tạo quặng khi xét trên mối quan hệ huyết thống giữa quặng và magma. Đồng thời quyết định tính phân đối cũng như tính “chuyên hóa đồng hóa” các nguyên tố như đã nêu ở Chương II. Điều này được tích hợp với các kiểu địa hóa magma (Loạt magma) bằng việc sử dụng nhiều thành phần vật chất để tăng độ chính xác (Nguyên tố chính, vết, nồng độ bao thể, khoáng vật chỉ thị..).

a. Chỉ thị nhóm nguyên tố chính và khoáng vật

Dựa vào mối tương quan giữa Fe và chỉ số phân dị (DI) hay tương quan giữa Fe -Ti, granitoid khối Ngọc Tụ nằm trong trường magnetit (Hình 3.10), tương ứng với kiểu granit oxy hóa. Tổng hợp kết quả giả đãi cho thấy này có hàm lượng các khoáng vật magnetit và ilmenit (Bảng 3.6).



Hình 3.10: Biểu đồ phân chia các loạt ilmenit và magnetit các đá granitoid khối Ngọc Tụ theo Tsuesue và Ishihara (1972)

Bảng 3.6: Kết quả phân tích mẫu giả đãi trong granitoid khối Ngọc Tụ

STT	Số hiệu mẫu	Trọng lượng phân tích (g)	Phần tử cảm			Phần điện tử									
			Trọng lượng (g)	Magnetit	Khoáng vật lẫn	Trọng lượng (g)	Ilmenit	Magnetit	Mica	Thạch anh	Silimanit	Chlorit	Thạch anh - sét	Monazit	Biotit
1	GD.6009	42,7	42,7	6,9	98	2	9		20			7,8	vh		

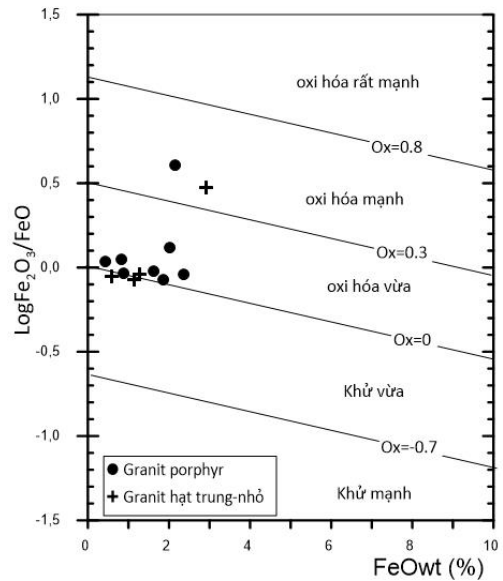
2	GĐ.4119/2	40,1	40,1	0,1	95	5	1,9	57	5	5		17,6	vh		
3	GĐ.6131/2	188,8	47,2	0,3	70	30	5,1		15	69	3	18,5			
4	GĐ.6086	181,4	90,7	21	90	10	5		20	50		9,7			2
5	GĐ.6131/1	153,2	38,3	0,5	80	20	4,7		25	63	8	7,0			
6	GĐ.5099	130	32,7	2,5	95	5	6,6			93		4,6	1		
7	GĐ.5160	67,2	33,6	2,2	70	30	26,3			95		2,1	33		22
8	GĐ.5100/1	33,4	33,4	1,7	55	45	11,2			100		6,8			5
9	GĐ.5109	17,2	17,2	2,0	45	55	1	25		75		0,2	vh		
10	GĐ.4119/5	21,75	21,75	1,0	50	50	1,2			86		1,75	vh		
11	GĐ.4001	31,7	31,7	5,1	35	65	22,8			93		0,8	10		
12	GĐ.5117/1	22,7	22,7	0,9	40	60	12,3			98		2,8	vh		
13	GĐ.5126	40,3	40,3	2,0	40	60	2,7		40	59		0,1	2		
14	GĐ.6117/1	32,7	32,7	2,0	50	50	4,5		20	79		0,6	20		

Nguồn số liệu: Tổng hợp kết quả phân tích của Nguyễn Trường Giang [2]

Dựa vào tương quan $Fe^{2+} - Fe^{3+}$: Đối với granitoid khối Ngọc Tú có tính oxy hóa vừa đến và oxy hóa mạnh (Hình 3.11). Theo tỷ số Fe_2O_3/FeO cao, thường $> 0,5$ (Bảng 3.7), thì granitoid khối Ngọc Tú có đặc trưng cho môi trường oxy hóa.

Bảng 3.7: Tỷ số Fe_2O_3/FeO trong granitoid khối Ngọc Tú

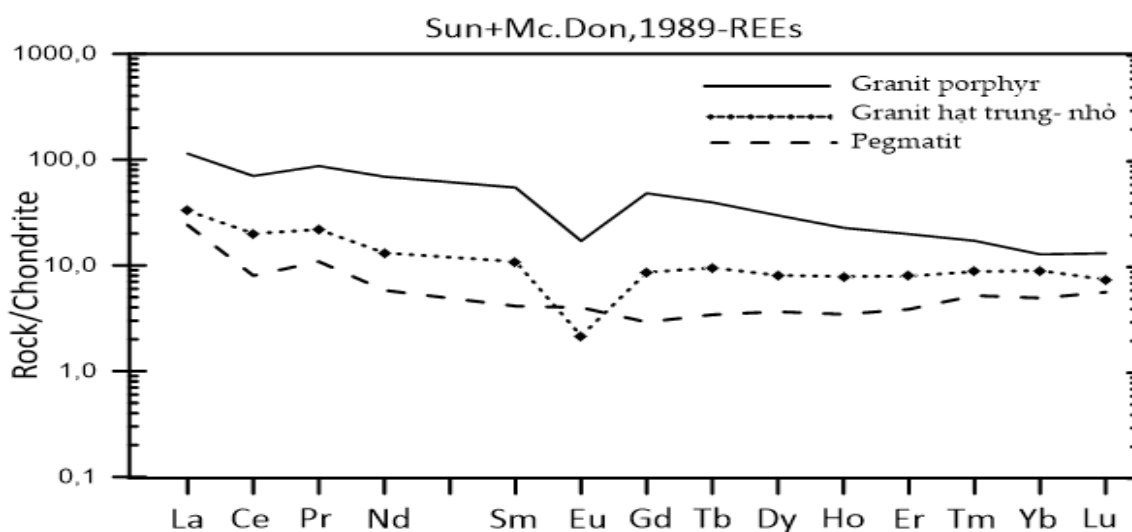
Tên đá	Fe_2O_3	FeO	Fe_2O_3/FeO
Granit porphyr	1,91	0,63	3,03
Granit porphyr	1,05	0,24	4,38
Granit porphyr	1,03	1,27	0,81
Granit porphyr	1,08	1,70	0,64
Granit porphyr	0,55	1,04	0,53
Granit porphyr	0,64	0,84	0,76
Granit porphyr	0,93	1,41	0,66
Granit porphyr	0,90	1,59	0,57
Granit hạt trung- nhỏ	0,93	1,41	0,66
Granit hạt trung-nhỏ	1,91	0,63	3,03
Granit hạt trung-nhỏ	0,90	1,59	0,57
Granit hạt trung-nhỏ	0,66	1,38	0,58
Granit hạt trung-nhỏ	1,25	1,28	0,98



Hình 3.11: Biểu đồ trạng thái oxy hóa - khử theo Blevin. P.L. (2004)

b. Chỉ thị nhóm nguyên tố vết

Các nghiên cứu của Henderson P. (1984) [25] tập trung nghiên cứu nhóm nguyên tố vết (Đất hiếm) để xác định trạng thái oxy hóa khử của magma – sau magma, do các điều kiện thứ sinh tác động gồm các nguyên tố: Ce, Eu, Tb, Yb, Tm. Tuy nhiên, mức độ oxy hóa khử phải biến đổi mạnh mới có thể làm thay đổi tính chất của các nguyên tố này, đặc biệt môi trường khử rất lớn mới có thể thay đổi hóa trị của Yb. Có nghĩa rằng, những biến đổi thông thường khó có thể thay đổi chúng nên độ tin cậy khi sử dụng các nguyên tố này cao hơn nhóm nguyên tố chính nêu trên (Fe, Ti). Trong granit porphyry, granit hạt trung - nhỏ và pegmatit ở Ngọc Tụ đã phản ánh rõ có quá trình oxy hóa của granit với đặc trưng xuất hiện cả dị thường âm Ce và Eu (Hình 3.12). Granit hạt trung - nhỏ này phân bố gần khu vực xuất hiện các mạch thạch anh - molipdenit chứa uraninit khu vực suối Đắk Manh - xã Đắk Rơ Nga. Đối với mạch pegmatit gần mỏ đá Ngọc Tụ (điểm quặng Mo-W) chỉ có dị thường Ce nhưng không có dị thường âm Eu (Hình 3.12) thể hiện điều kiện oxy hóa do các khí/chất bốc sinh sau tác động, phản ánh điều kiện thứ sinh gây ra hiện tượng này (quá trình oxy hóa liên quan với nhiệt dịch sau magma), quá trình này có vai trò quan trọng trong việc tái phân bố Mo, W, U và tạo khoáng. Tuy nhiên, đối với pegmatit ở đây còn xuất hiện dị thường dương Tm nên có thể môi trường magma thành tạo pegmatit này có tính oxy hóa, nó đặc trưng cho điều kiện oxy hóa của magma bị biến đổi.

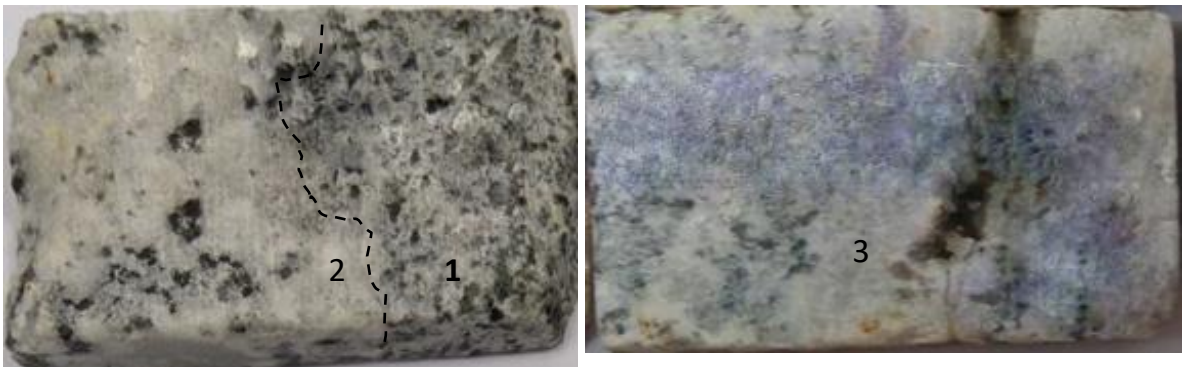


Hình 3.12: Biểu đồ phân bố nhóm nguyên tố đất hiếm

c. Chỉ thị của thành phần bao thể magma nguyên sinh

Như phân cơ sở lý thuyết, phương pháp nghiên cứu đã trình bày (Chương 2). Việc sử dụng các tham số liên quan với bao thể magma nguyên sinh rất khó khăn, phức tạp nhưng là yếu tố chính xác chỉ thị cho môi trường địa hóa của magma nguyên sinh vì: i) Định danh các kiểu đá magma từ thực địa, gắn với cấu trúc địa chất cụ thể và các mẫu thạch học kiểm chứng loại đá cụ thể; ii) Sử dụng chuyên môn sâu để phân định chính xác bao thể magma nguyên sinh (primary inclusions) được thành tạo trong môi trường magma ban đầu và bao thể thứ sinh (fluid inclusion) liên quan với quá trình sau magma, ngoài ra tách riêng cả bao thể hỗn hợp (Bao thể nguyên sinh bị tác động và thay đổi do các quá trình sau magma: đặc trưng nhất là bao thể nguyên sinh bị vỡ); iii) Bước tiếp theo là định lượng thành phần trong bao thể nguyên sinh bằng thiết bị Raman xuyên sâu.

Trong khối granit Ngọc Tụ, thành phần bao thể magma nguyên sinh được phân tích sót tại Viện Địa chất Viễn Đông, CHLB Nga [9] cho ba kiểu đá granit porphyr sáng màu và granit hạt trung - nhỏ (Hai kiểu đá này có ranh giới chuyển tiếp), granit giàu biotit sẫm màu dạng thể (Hình 3. 13)



Hình 3.13: Hai kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ chứa bao thể nguyên sinh: 1 – Kiểu granit giàu biotit; 2 – kiểu granit porphyr ban tinh lớn; 3 – granit hạt trung – nhỏ chứa mạch fluorit;

Các kết quả phân tích như sau:

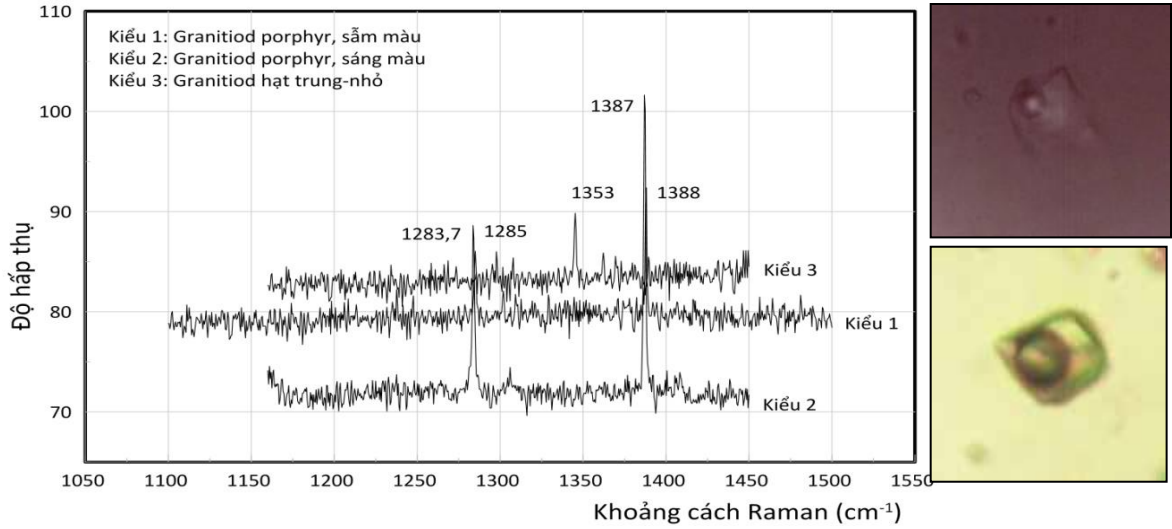
- Granit giàu biotit sẫm màu (thể sót) (Kiểu 1) gặp bao thể nguyên sinh trong nền khoáng vật thạch anh chứa H₂O ở thể khí.

- Phổ Raman xác định thành phần bao thể magma nguyên sinh chứa CO₂ trong granitoid granit porphyr (kiểu 2) có mật độ 0,23 - 0,35 g/cm³ (Hình 3.14), thuộc khu vực gần ranh giới chuyển tiếp với kiểu đá granit hạt trung – nhỏ (Kiểu 3) và cũng gần ranh giới tiếp xúc với đá biến chất. Ngoài ra còn gặp H₂O ở thể lỏng và bao thể nguyên sinh giàu F - fluorapatite (Ca₅(PO₄)₃F trong tinh thể thạch anh (Hình 3. 16). Đối với kiểu đá này (Kiểu 2) phân bố độc lập, xa ranh giới tiếp xúc với đá biến chất cũng gặp các bao thể nguyên sinh có thành phần tương tự.

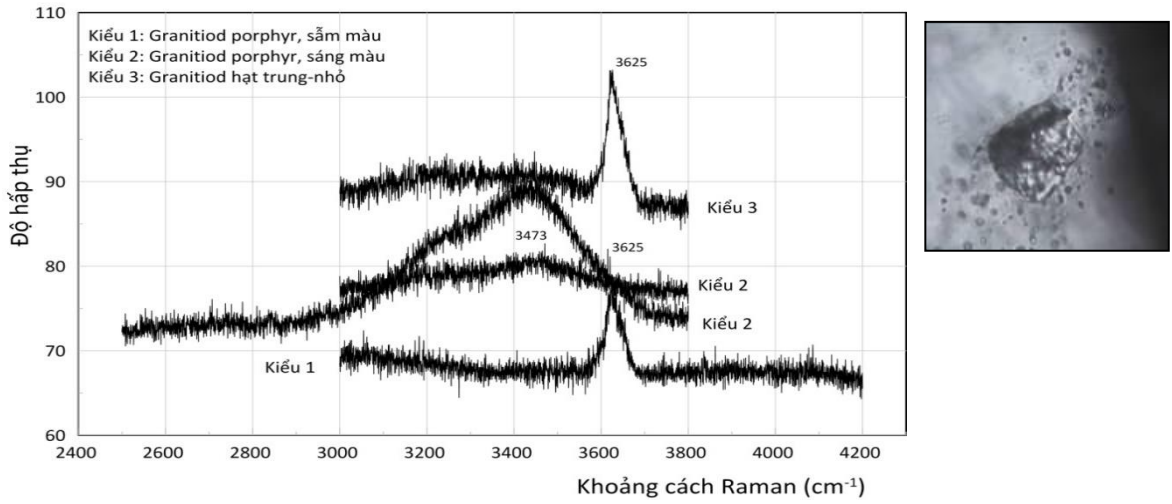
- Đá granit kiểu 3 gặp bao thể magma nguyên sinh chứa H₂O với dải phổ là 3625 cm⁻¹ ở thể khí sang kiểu 2 gặp bao thể nguyên sinh trong nền khoáng vật thạch anh chứa H₂O thì dải phổ là 3575cm⁻¹ ở thể lỏng và kiểu 3 gặp bao thể nguyên sinh trong khoáng vật thạch anh tồn tại H₂O có dải phổ 3625 cm⁻¹ ở thể lỏng (Hình 3.15)

Những kết quả trên cho thấy, trong đá granitoid khối Ngọc Tụ từ kiểu đá thứ nhất lên kiểu thứ 2, 3 có sự gia tăng thành phần và nồng độ chất lưu trong bao thể nguyên sinh. Trong đó, thành phần CO₂, H₂O chỉ thị tính oxy hóa của magma (Yves Moussallam, 2016; Ronald J. Bakker, Manish A. Mamtani, 2000[35]). Ngoài ra, sự xuất hiện của các bao thể giàu F đặc trưng cho thành phần chất bốc và granit hạt trung - nhỏ sinh sau biểu hiện tăng thành phần H₂O trong bao thể nguyên sinh.

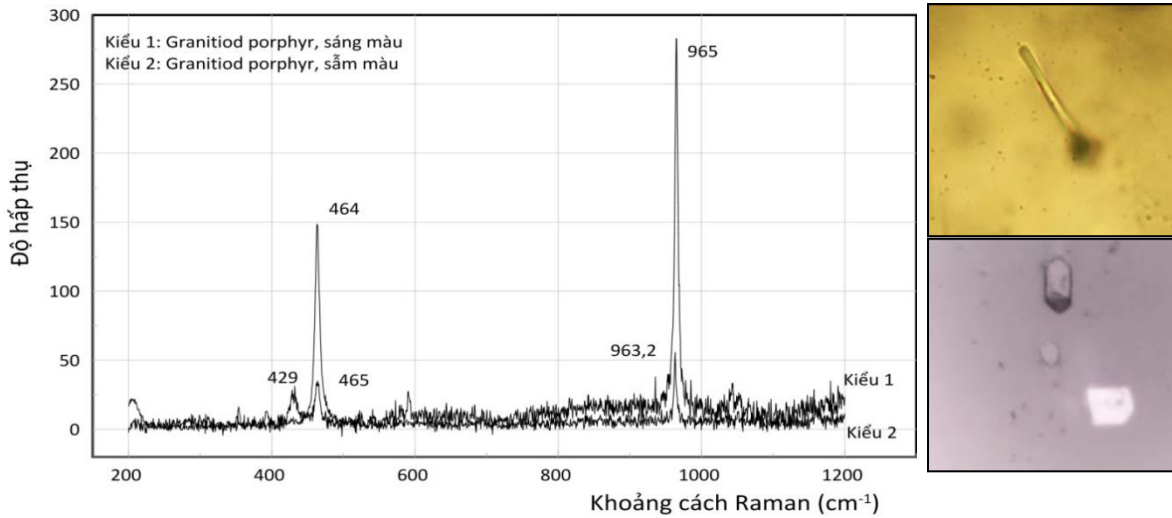
Như vậy, các kết quả nghiên cứu về môi trường magma cho thấy magma granitoid khối Ngọc Tụ có tính oxy hóa. Theo Ishihara (1981) [26, 27] môi trường oxy hóa đặc trưng cho tính chuyên hóa sinh khoáng của Mo, W, U của granitoid khối Ngọc Tụ.



Hình 3.14: Phổ Raman xác định thành phần bao thể nguyên sinh trong khoáng vật thạch anh chứa CO₂ các kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ.



Hình 3.15: Phổ Raman xác định thành phần bao thể nguyên sinh trong khoáng vật thạch anh chứa H₂O ở thể lỏng của các kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ.



Hình 3.16: Dải phổ bao thể nguyên sinh fluorapatite (Ca₅(PO₄)₃F) được bao quanh bởi tinh thể thạch anh của các kiểu đá granitoid khối Ngọc Tụ.

3.4. Đặc điểm khoáng hóa liên quan đến granitoid khối Ngọc Tụ

Các công trình nghiên cứu [2,3,4,6,8,9] đã xác nhận điểm khoáng hóa, quặng hóa molipdenit trong nội granitoid khối Ngọc Tụ. Điểm khoáng hóa có ba khu vực là: 1- Điểm khoáng hóa molipdenit tại mỏ đá Ngọc Tụ; 2- Điểm khoáng hóa molipdenit Đăk Mạnh; 3 – Điểm khoáng hóa khu vực thủy điện Đăk Rơ Sa.

3.4.1. Điểm khoáng hóa molipdenit tại mỏ đá Ngọc Tụ

a. Đặc điểm địa chất khoáng hóa

Điểm khoáng hóa nằm khu vực mỏ đá Ngọc Tụ có diện tích 1,5km², phân bố ở phía đông khối Ngọc Tụ. Khoáng hóa nằm trong đới nội tiếp xúc của đá granit trung - hạt nhỏ thuộc pha 2 phức hệ Bà Nà với các đá biến chất hệ tầng Tắc Pô. Các đới mạch thạch anh có chiều rộng 12 - 20m, chiều dài khoảng 150m phát triển dọc theo đới dập vỡ của đứt gãy phương tây bắc-đông nam. Đồng thời cũng có dạng mạch nhiệt dịch, đôi khi dạng xâm tán ở hai bên rìa của các mạch thạch anh. Chiều dày của các mạch nhỏ phổ biến từ 10 đến 35cm, phát triển chủ yếu trong các khe nứt có thể nằm 280-290°/65-75. Dọc ven rìa các hệ thống khe nứt, đặc biệt là hệ khe nứt mang quặng phổ biến hiện tượng đá biến đổi greisen hoá yếu. Tuy nhiên chiều dày của đới biến đổi greisen hoá ở từng khe nứt không lớn, phổ biến từ một vài cm đến 5-10cm.

b. Thành phần khoáng vật quặng

Đặc điểm khoáng vật quặng chủ yếu ở đây gồm: molipdenit, sheelit; khoáng vật thứ yếu gồm: Wolframit, pyrit, chalcopyrit, arsenopyrit, galenobismutin, mismutin; khoáng vật mạch: turmalin, thạch anh, chlorit, fluorit, sericit... (Bảng 3.8).

- *Molipdenit*: phân bố theo 3 dạng: 1/ Theo mặt khe nứt - rìa mạch greisen hạt khá lớn quan sát rõ bằng mắt thường; 2/ Các khoáng vật molipdenit còn xuất hiện dưới dạng vi mạch trong các khe nứt nhỏ của đá granit bị biến đổi (Ảnh 3.3); 3/ Dạng sợi, vảy, xen kẹp giữa các tấm phi quặng và rải rác trong nền đá biến đổi muscovit hóa, sericit hóa sét hóa, chlorit hóa mạnh, thạch anh bị rửa lũa... (Ảnh 3.1; Ảnh 3.2).

- *Scheelit*: phân bố rải rác dưới dạng các hạt tự hình, kích thước hạt 0,1-0,5mm, xâm tán rải rác trong nền mẫu.

- *Wolframit*: Gặp rải rác trong nền mẫu dưới dạng các hạt tự hình, xâm tán rải rác trong nền mẫu.

- *Pyrit*: gặp trong mẫu dạng hạt tự hình, kích thước hạt từ 0,1-0,7mm tạo thành đám ô xâm tán trong nền đá, chiếm khoảng 10% mẫu. Mắt thường cũng có thể quan sát được vài hạt pyrit tự hình trong mạch greisen và ít hơn là trong đá granitoid bị biến đổi sericit hóa, chlorit hóa, anbit hóa - cạnh mạch greisen (Ảnh 3.5) với kích thước 0,2 - 0,3 cm.

- *Chalcopyrit (Chp)*, *galenobismutin (Gb)*: gặp khoảng 5 - 12%, dạng hạt tha hình, kích thước hạt từ 0,1 - 0,5mm tạo thành đám ô, phân bố trong khe nứt của phi quặng, tạo thành mạch xuyên cắt, định hướng theo phương cấu tạo của đá. Ngoài ra chúng còn tạo thành đám ô nhỏ xâm tán rải rác trong phi quặng. Có chỗ galenobismutin và chalcopyrit gặm mòn thay thế pyrit (Ảnh 3.5). Trong galenobismutin xuất hiện ít bao thể bitmut tự sinh, kích thước < 0,05mm (Ảnh 3.4).

- *Sphalerit*: đi cùng với chalcopyrit và galenobismutin (Ảnh 3.5) còn có ít sphalerit (~ 1%) dạng hạt nhỏ, kích thước < 0,2mm bên trong có chứa nhũ tương chalcopyrit.

- *Arsenopyrit*: gặp vài hạt rải rác trong phi quặng, kích thước < 0,3mm.

- *Ilmenit*: có dạng tấm que, hạt, có tấm khoảng (0,4x2) mm xâm tán rải rác trong đới greisen và nền đá granitoid bị biến đổi. (Ảnh 3.6).

- *Pyrotin*: vài hạt tha hình, kích thước < 0,2mm xâm tán rải rác trong nền đá granitoid bị biến đổi (Ảnh 3.7).

Bảng 3.8: Thành phần khoáng vật trong đới khoáng hóa molipdenit theo các khe nứt dạng mạng mạch trong granitoid khu vực Ngọc Tụ [9]

Khoáng vật Mức độ	Khoáng vật nguyên sinh		Khoáng vật thứ sinh
	Quặng	Mạch	
Chủ yếu	Molipdenit Sheelit	Thạch anh Muscovit	Limonit Scorodit
Thứ yếu	Wolframit, Pyrit Chalcopyrit Arsenopyrit Galenobismutin Mismutin	Turmalin, tàn dư felspat Chlorit Sericit; Fluorit	Covenlin Malachit Azurit
Hiếm gặp	Sphalerit; Pyrotin Bismut tự sinh		
Nhiệt độ thành tạo	200 - 250°C		

Bảng 3.9: Thứ tự thành tạo khoáng vật tại điểm khoáng hóa molipden trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (Nguồn Văn Niệm và nnk, 2014, 2018)

Khoáng vật/giai đoạn	I	II	III
Phi quặng	————		
Wolframit	-----		
Scheelit	————		
Pyrit	————		
Arsenopyrit	————		
Sphalerit		-----	---
Chalcopyrit		————	—
Galenobismutin		————	—
Bismut tự sinh			-----
Molipdenit		————	
Ilmenit		-----	
Hematit		-----	
Pyrotin		-----	
Bismutin		————	—

c. Thành phần khoáng hóa

Các mạch thạch anh dày khoảng 1- 1,5 cm chứa các vảy molipdenit kích thước lớn đạt 1 - 2cm nhưng thưa thớt. Mạch molipdenit hạt trung - nhỏ xâm tán trong vi khe nứt của đá granit bị biến đổi sericit hóa, ít muscovit hóa. Kết quả phân tích thành phần hóa quặng thấy hàm lượng như sau: Mo = 0,0291%, W = 0,152% (Bảng 3.10).

Bảng 3.10: Thành phần nguyên tố trong mạch khoáng hóa molipdenit trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (%tl)

Thành phần Số hiệu	Mo	Pb	Sn	W	Zn
DH2303/2	0,0189	0,0092	0,0039	0,0427	0,00174
DH2304	0,0291	0,0013	0,0022	0,1520	0,0037
DH2310/5	0,0142	0,0064	0,0019	0,0191	0,0082

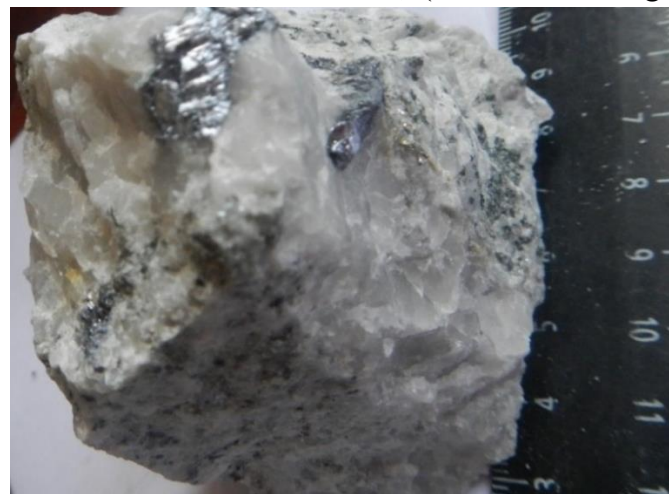
Nguồn số liệu: Phương pháp ICP-MS tại Viện địa chất Viễn đông, CHLB Nga [9]



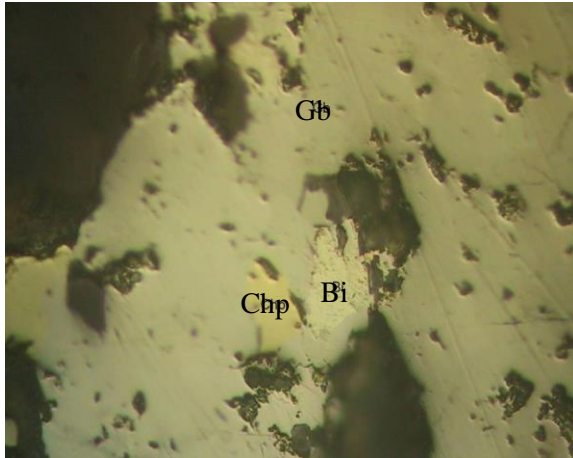
Ảnh 3.1: Molipdenit rìa mạch greisen yếu bị chônng bởi sericit hóa, chlorit hóa (NT2303)



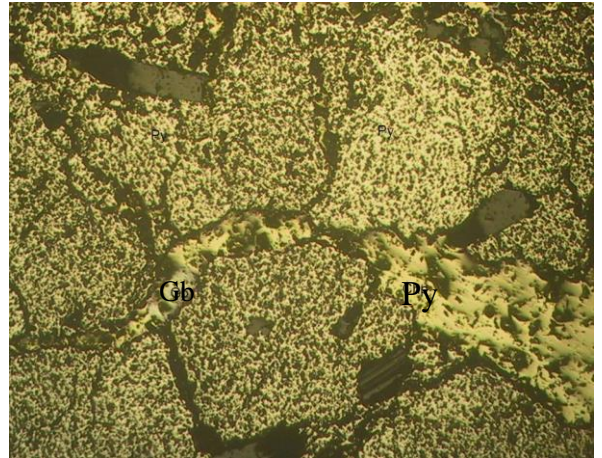
Ảnh 3.2: Molipdenit hạt trung - nhỏ xâm tán trong vi khe nứt của đá granit bị biến đổi sericit hóa, ít muscovit hóa; (NT2303/2) (Ảnh Đỗ Đức Nguyên, 2017)



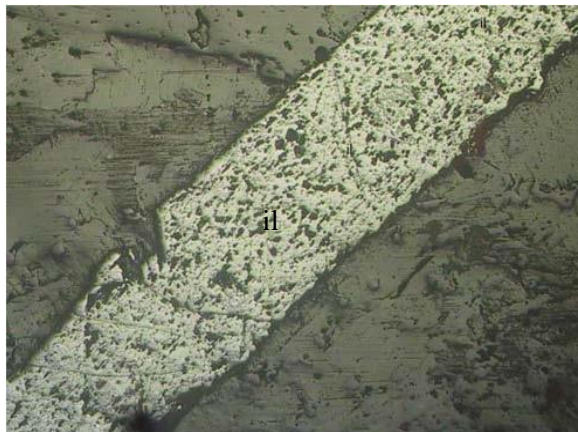
Ảnh 3.3: Molipdenit xâm tán trong đá granit porphyr khu vực mỏ đá Ngọc Tú (NT2304) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2017)



Ảnh 3.4: Bao thể bismut tự sinh trong galenobismutin (Mẫu KT2303/2). Nicol (-) 500x. Chp, Bi, Gb.



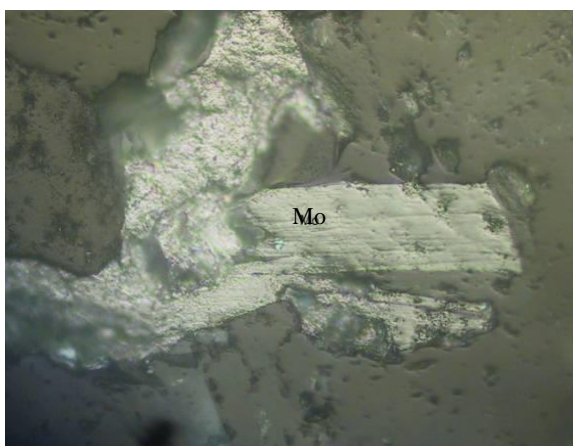
Ảnh 3.5: Galenobismutin và chalcopyrit gặm mòn pyrit (Mẫu KT2303/2). Nicol (-) 100x. Chp, Gb, Py



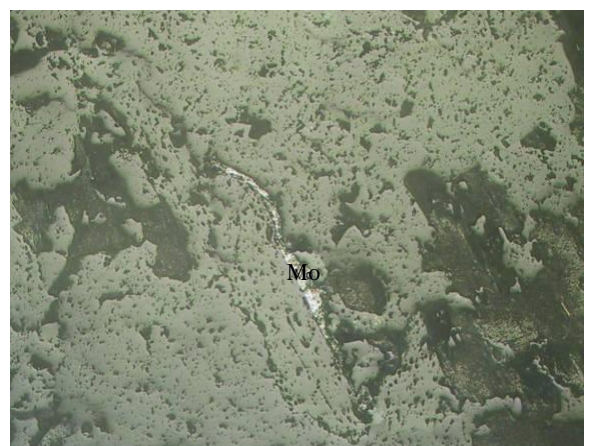
Ảnh 3.6: Ilmenit dạng que trong đới biến đổi chứa các hạt hematit (Mẫu KT2304). Nicol (-)100x



Ảnh 3.7: Pyrotin trong nền đá granit bị biến đổi. (Mẫu KT2304). Nicol (-)100x



Ảnh 3.8: Molipdenit xâm tán trong nền đá biến đổi (Mẫu KT2303/2). Nicol (-)100x



Thành phần hóa khoáng vật quặng: Molipdenit xuất hiện trên bề mặt thạch anh của đá granit (bên cạnh đối đá granit bị sericit hóa, sét hóa, chlorit hóa, epidot hóa, anbit hóa, ít muscovite hóa) có cỡ hạt 0,05 - 0,1mm. Theo kết quả phân tích thành phần khoáng vật molipdenit còn thấy tồn tại Pb (0,22%) đi kèm (Bảng 3.11).

Bảng 3.11: Thành phần đơn khoáng molipdenit trên nền thạch anh điểm khoáng hóa molipdenit trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (%t)

Thành phần Khoáng vật	Mo	S	Pb	Tổng
Molipdenit	59,86	39,32	0,22	99,40

Nguồn số liệu: phân tích tại Viện địa chất Viễn đông, CHLB Nga, 2018 [9]

Tổng hợp kết quả của Nguyễn Trường Giang (2001) [2] cho các mẫu phân tích hấp thụ nguyên tử (HTNT) và phổ plasma ICP mỏ đá Ngọc Tụ gồm (Bảng 3.14): Mo: 169 ÷ 12463ppm, trung bình: 5165ppm; W: 256 ÷ 6610ppm, trung bình: 2334ppm; Bi: 111 ÷ 4083ppm, trung bình: 1064ppm; Cu: 175 ÷ 2943ppm.

Đồng thời kết quả phân tích hoá đa kim (6 mẫu) [2]: Mo: 0,014 ÷ 1,13%; WO₃: 0,023 ÷ 0,525%; Cu: 0,1 ÷ 0,29%.

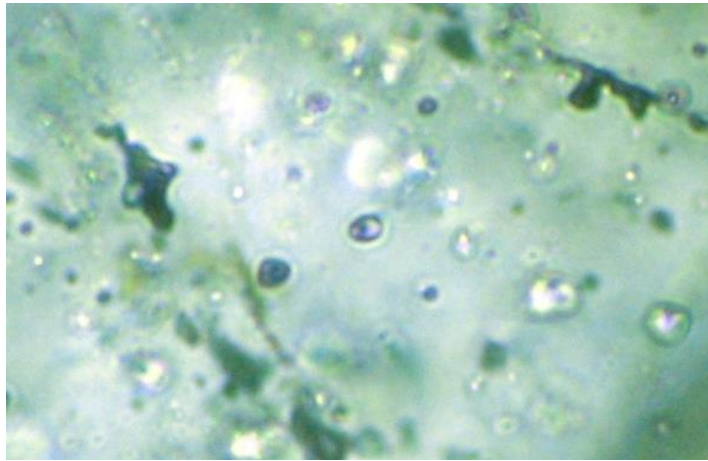
Bảng 3.12: Kết quả phân tích HTNT, phổ Plasma ICP khu mỏ đá Ngọc Tụ [2]

Số thứ tự	Số hiệu mẫu	Hấp thụ nguyên tử (ppm)							ICP (ppm)		
		Cu	Pb	Zn	As	Ni	Co	Bi	Mo	W	Sn
1	3105/1	925	78	63	40	12	18	233	5747	257	42
2	3105/2	175	106	28	120	10	19	520	9527	6610	51
3	6131/1	746	246	119	<100	12		351	12463	1140	<20
4	6131/2	2943	171	87	<100	13		4083	5136	303	21
5	6131/3	1889	60	41	<100	10		2151	7854	424	<20
6	6132/1	421	30	38	<100	11		149	147	256	<20
7	6132/2	996	30	81	<100	13		111	277	5984	25
8	6132/3	2553	46	154	<100	19		915	169	3402	<20
9	H.92	91	17	59	<10	63	32	21	19	173	89

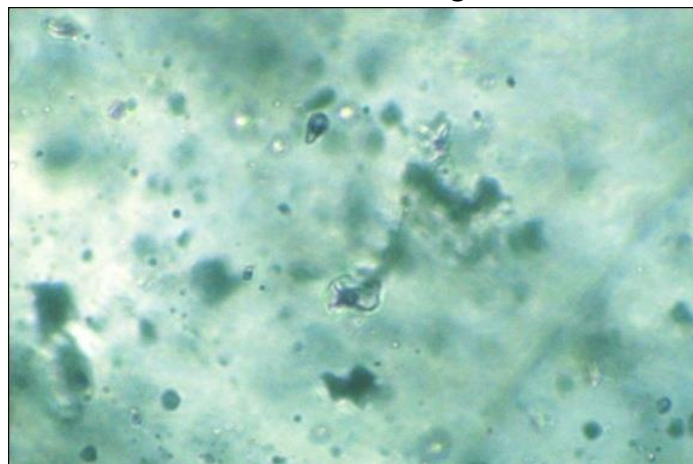
d. Nhiệt độ thành tạo quặng

- Kết quả phân tích đồng hóa bao thể tại Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản cho thấy quặng hóa thạch anh- molipdenit có mật độ bao thể lỏng - khí cao (thành phần lỏng chiếm 80 - 90%, khí 10 - 20%), nhiệt độ thành tạo 200 - 250oC (Ảnh 3.9).

- Giai đoạn nhiệt dịch có nhiệt độ thành tạo đạt khoảng 275°C (Ảnh 3.10) đặc trưng cho quặng wolframit đi kèm turmalin. Thành phần turmalin tại đới này có thể là nguồn thứ sinh, không đặc trưng cho đới greisen vòm đỉnh liên quan với Sn; biểu hiện cho giai đoạn muộn của quá trình greisen hóa, kết thúc quá trình thành tạo Sn-W.



Ảnh 3.9: Bao thể lỏng - khí, hình tròn, ovan, nhiều cạnh. Thành phần các pha: lỏng 80-90%, khí 10 - 20%. Nhiệt độ đồng hoá: 200 - 250°C[9].



Ảnh 3.10: Bao thể lỏng - khí, hình tròn, ovan, nhiều cạnh. Thành phần các pha: 70 - 75% lỏng, 25 - 30% khí. Nhiệt độ đồng hoá khoảng: 275°C[9]

3.4.2. Điểm khoáng hóa molipdenit tại Đắk Mạnh

Điểm khoáng hóa Đắk Mạnh có diện tích 3km² bao gồm khu Đắk Mạnh, Đắk

De phân bố ở phía tây bắc khối Ngọc Tú.

+ Tại điểm khoáng hóa molipdenit khu Đăk De [2]: Đá vây quanh khoáng hóa là các đá granit trung - hạt nhỏ. Hoạt động kiến tạo diễn ra rất mạnh mẽ với sự xuất hiện các đứt gãy, đặc biệt là hệ thống đứt gãy tây bắc-đông nam, các đới cà nát, đập vỡ, là điều kiện thuận lợi để phát triển các mạch mang khoáng hóa molipdenit (khoáng sản đi kèm là đồng, wolfram, bismut).

Khoáng hóa chủ yếu nằm trong các mạch, mạng mạch nhiệt dịch thạch anh - sulfur, có kích thước từ vài cm đến 15 - 30cm tạo nên đới mạch rộng 5÷10m, đôi khi chúng ở dạng xâm tán trong đá granit, phân bố trong đới nội tiếp xúc giữa đá granit trung - hạt nhỏ và đá phiến kết tinh của hệ tầng Tác Pô. Chiều dài của đới quan sát được khoảng 2,5km, chiều rộng thay đổi từ 10 đến 50m, chủ yếu phát triển dọc theo đứt gãy phương tây bắc-đông nam, thế nằm 60-70 \angle 80.

Khu Đăk De [2] có điểm 4119 và điểm 6086 dạng mạng mạch chứa khoáng hóa có thể nằm 270 \angle 70, kéo dài theo hệ thống đứt gãy phương á kinh tuyến.

Điểm 4119: đá vây quanh là granit hạt trung -nhỏ bị cà nát, milonit hoá, greisen hoá, clorit hoá. Khoáng hóa dạng mạch, hoặc xâm tán trong mạch thạch anh và đá biến đổi cạnh mạch. Các mạch thạch anh màu trắng đục có chiều dày 0,1÷0,3m, tập trung thành đới mạch dày 0,6 ÷3,0m, kéo dài 150m. Thành phần khoáng vật quặng gồm: pyrit, chalcopyrit, molipdenit, bismutin.

Kết quả phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử và phổ plasma ICP cho thấy Cu: 76÷5800 ppm; Mo: 16÷1120 ppm; W: <20÷1014 ppm; Bi: <10 ÷1247 ppm.

Bảng 3.13: Kết quả phân tích HTNT, phổ Plasma ICP điểm 4119 khu Đak Dé

TT	Số hiệu mẫu	Phân tích hấp thụ nguyên tử (ppm)									Plasma ICP (ppm)		
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Ni	Co	Bi	Mo	W	Sn
1	4119/2	0,7	7	5800	150	131	<10		6	510	1120		
2	4119/2 1	<0,1	4,7	2268	209	58	<10	13	10	336	328	61	82
3	4119/2a	<0,1	5,5	4836	303	126	80	15	16	1247	428	29	72
4	4119/3a	<0,1	11	1477	195	44	60	19	15	362	206	<20	73
5	4119/3b	<0,1	6,5	1379	130	46	70	13	15	242	80	1014	75
6	4119/5a	<0,1	3,6	76	131	15	80	9	11	42	141	<20	24
7	4119/5b	<0,1	33	539	517	85	10	7	6	666	410	<20	61
8	KT.4119/2	<0,1	9,9	3416	262	2473	<100		29	1122	190	56	135
9	H.73/1			193	114	54	190	23	99	10	441	322	51
10	H.73/2			105	19	99	230	55	26	<10	16	22	75

Nguồn số liệu: phân tích tại Liên đoàn Xạ Hiếm [2]

Điểm 6086: Khoáng hóa tồn tại trong mạch nhiệt dịch thạch anh - sulfur màu trắng đục, bao gồm các mạch nhỏ có chiều dày $0,1 \div 0,2$ m tập hợp thành đới mạch dày $1,0 \div 1,5$ m. Đá vây quanh là granit hạt nhỏ cạnh mạch bị greisen hoá, clorit. Kết quả phân tích hấp thụ nguyên tử: Cu: 3121 ppm; Mo: 1426 ppm; Bi: 3443 ppm.

+ Tại điểm khoáng hóa molipdenit khu Đăk Manh [9] có dạng mạch (thạch anh - molipdenit, molipdenit dạng hạt nhỏ đến vảy lớn) xuyên cắt đá granit porphyr cùng phương 350° . Tại đây gặp các loại đá granit biotit hạt trung - nhỏ, sáng màu có quan hệ chuyển tiếp và chưa thấy các biểu hiện mạch nhiệt dịch xuyên cắt loại đá này.

- Hệ thống khe nứt chứa khoáng hóa có phương 350° bị các khe nứt sinh sau phương 40° , 80° làm xê dịch rất rõ. (Ảnh 3.11)

- Khoáng hóa này liên quan chặt chẽ với điều kiện cấu trúc kiến tạo khá rõ, chúng liên quan với đới đứt gãy và siết ép kiến tạo do hệ thống đứt gãy tạo ra. Tuy nhiên, mạch quặng có molipdenit hạt nhỏ (Đăk Rơ Nga, Ảnh 3.11) phân bố trong đới siết ép mạnh mẽ nhất, khu vực xuất hiện cả dải khoáng vật fluorit màu tím theo các khe nứt của đứt gãy địa phương dọc suối Đăk Manh. Ngoài ra, còn gặp mạch bezerit dày khoảng 17 cm, kéo dài vài mét với thành phần molipdenit hạt nhỏ nghèo ở suối thủy điện Đăk Rơ Sa.

- Còn mạch có molipdenit hạt lớn (Ảnh 3.11), dạng hoa hồng phân bố xa đới siết ép này nhưng vẫn thuộc đới cấu trúc kiến tạo thuận lợi.

Liên quan với kiểu mạch thạch anh - molipdenit hạt nhỏ là đới biến đổi chông: berezit hóa, sericit hóa, argilit hóa, ít muscocit hóa, anbit hóa.

Đặc điểm khoáng vật quặng chủ yếu ở đây gồm: molipdenit, sheelit; khoáng vật thứ yếu gồm: Wolframit, pyrit, chalcopyrite, arsenopyrit, galenobismutin, mismutin; khoáng vật mạch: turmalin, thạch anh, chlorit, fluorit, sericit...

- *Molipdenit*: Phổ biến hơn cả, đạt đến 8% toàn mẫu vật. Chúng có dạng tấm vảy tha hình, vảy nhỏ, tạo thành các đám ổ nhỏ, phân bố rải rác trong nền mẫu. Kích thước hạt $0,01-0,5 \times 1$ mm, có chỗ tạo thành ổ $2-3$ mm (Ảnh 3.11).

- *Scheelit*: Gặp rải rác trong nền mẫu dưới dạng các hạt tự hình, kích thước hạt $0,1-0,5$ mm, xâm tán rải rác trong nền mẫu.

- *Galenobismuthin*: Có dạng hạt nhỏ, tạo thành các đám ỏ nhỏ phân bố rải rác trong nền mẫu. Kích thước hạt từ 0,01 - 0,5mm, tạo thành các đám ỏ vài mm. Có chỗ chúng xen lẫn cùng pyrit.

- *Pyrit*: Số lượng không nhiều, dạng hạt tự hình, xâm tán rải rác trong nền mẫu. Kích thước hạt 0,01 - 1,5mm. Có chỗ chúng tạo thành chuỗi hạt kéo dài.

- *Chalcopyrit*: Có ít, chúng có dạng hạt nhỏ tha hình, kích thước hạt 0,01-0,3mm, phân bố xen lẫn với galenobismuthin và molipdenit

- *Ilmenit*: Có ít, gặp một số hạt nhỏ tự hình, kích thước hạt 0,1 - 0,3mm, xâm tán rải rác trong nền mẫu. Bị biến đổi thành leucocen ở phần rìa hạt hoặc trên bề mặt hạt. Khoáng vật này chủ yếu gặp trong mạch molipdenit - pyrit (nền giàu thạch anh, felspat bị biến đổi, ít mica).

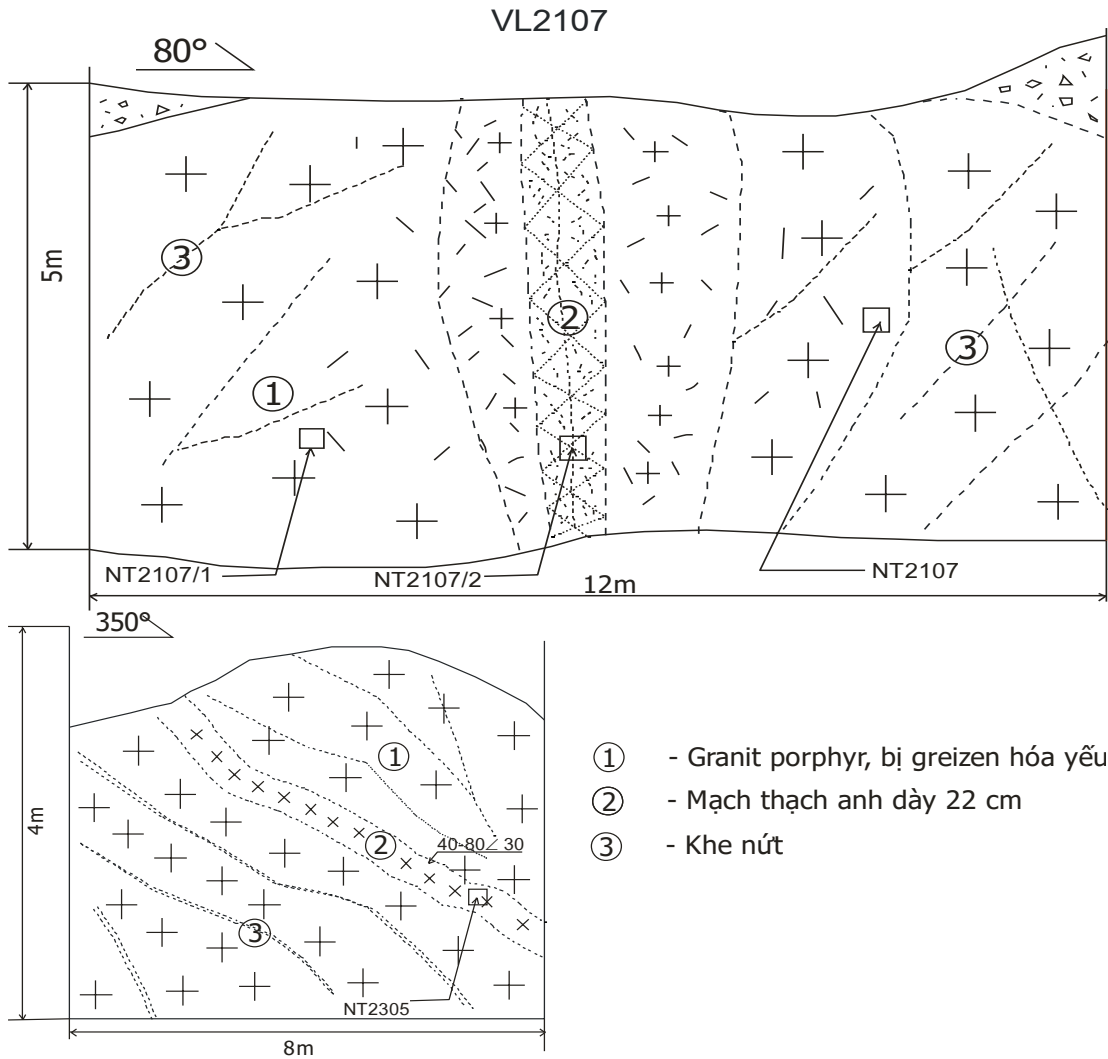
- *Turmalin* cũng xuất hiện trong các mạch quặng này.

Bảng 3.14: Thành phần khoáng vật trong đới khoáng hóa molipdenit theo các khe nứt dạng mạng mạch trong granitoid khu vực Ngọc Tú[9]

Khoáng vật Mức độ	Khoáng vật nguyên sinh		Khoáng vật thứ sinh
	Quặng	Mạch	
Chủ yếu	Molipdenit Sheelit	Thạch anh Muscovit	Limonit
Thứ yếu	Pyrit, Chalcopyrit Galenobismutin Mismutin, Ilmenit	Turmalin, Chlorit, Sericit	Covenlin Malachit
Hiếm gặp	Galenit; Pyrotin Bismut tự sinh		
Nhiệt độ thành tạo	203 - 250 ⁰		

Bảng 3.15: Thứ tự thành tạo khoáng vật quặng dạng mạch thạch anh - molipdenit khu vực Đăk Mạnh (xã Đăk Rơ Nga) và Đăk Rơ Sa (Ngọc Tú) [9]

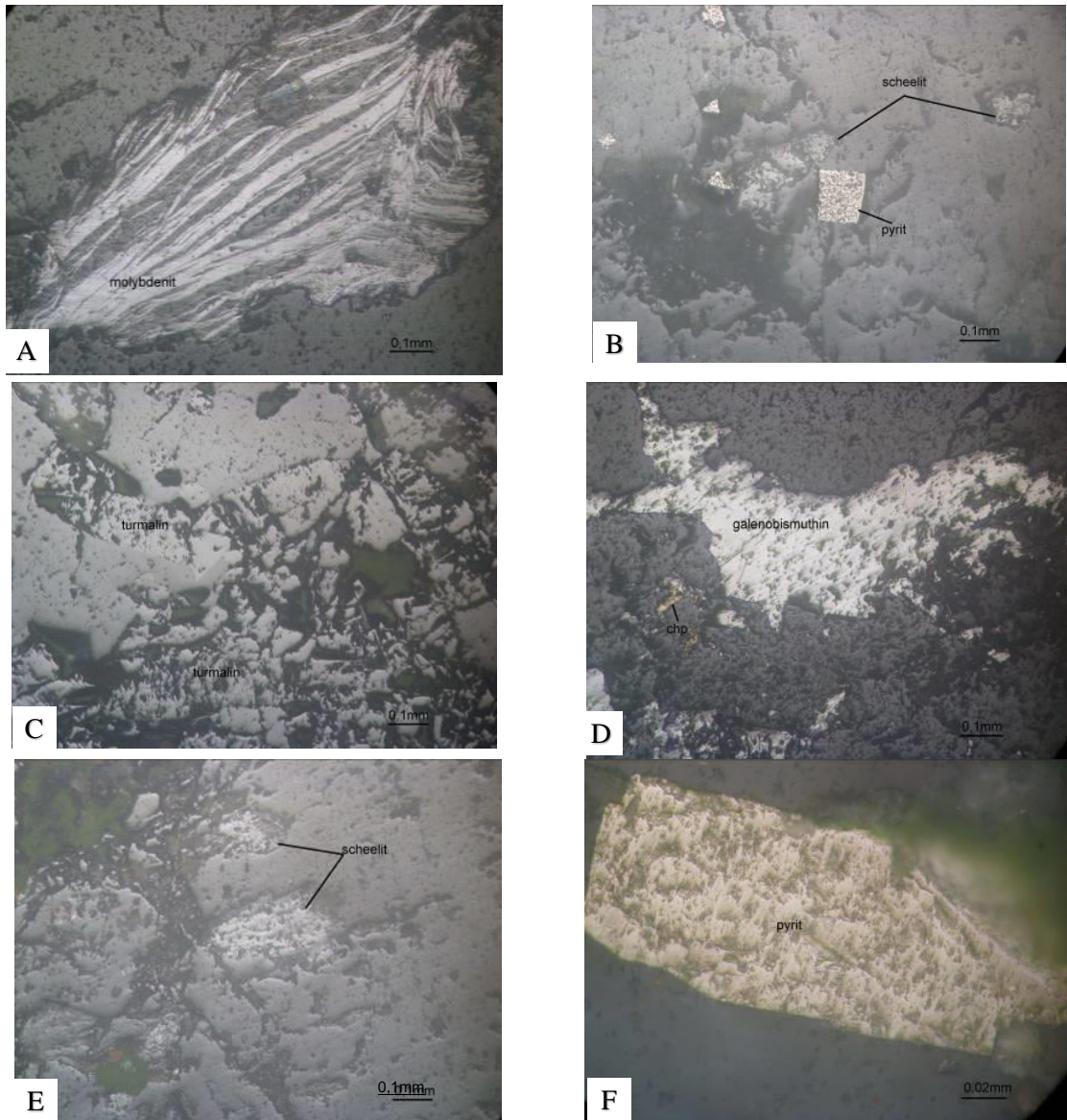
Khoáng vật/giai đoạn	I	II	III
Phi quặng (Thạch anh)	_____		
Ilmenit	-----		
Sheelit	_____		
Pyrit		-----	
Molipdenit		_____	
Galenobismutin		-----	
Chalcopyrit		-----	
Galenit trong đới cạnh mạch			
Nhiệt độ thành tạo	203 - 250 ⁰		



Hình 3.17: Điểm khoáng hóa molipdenit Đăk Mạnh (NT2305, NT2107)



Ảnh 3.11: Hệ thống khe nứt chứa mạch thạch anh - molipdenit xuyên cắt đá granit porphyri khu vực Ngọc Tụ. (NT2305)



Ảnh 3.12: Các khoáng vật quặng trong mạch thạch anh - molipdenit (KT2305)
 A- Khoáng vật molipdenit dạng vảy; B-E-F- Khoáng vật sheelit đi cùng pyrit xâm
 tán rải rác nền đá; C- Khoáng vật turmalin xuất hiện trong mạch quặng; D - Khoáng
 vật chalcopyrit dạng hạt nhỏ tha hình đi cùng là galenobismutin.

c. Đặc điểm thành phần hóa quặng

Kiểu này xuất hiện với các mạch thạch anh chứa quặng dày 3 - 4 cm, xuyên
 cắt granitoid porphyr, kéo dài phương 350⁰ chứa các vảy molipdenit kích thước lớn
 đạt 1 - 2 cm. Thành phần: Mo = 0,314%, W = 0,1446% (Bảng 3.16).

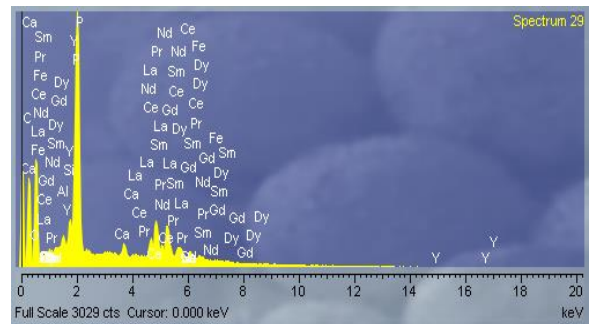
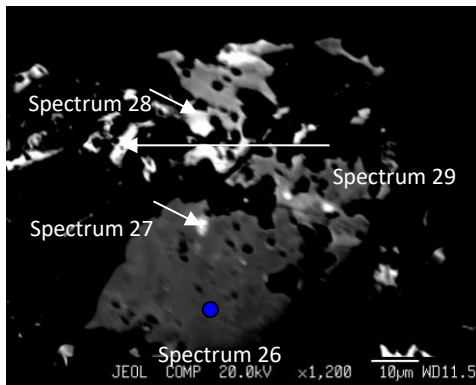
Trong đới biến đổi cạnh mạch thạch anh - molipdenit đã gặp các khoáng vật
 giàu đất hiếm, thorit, uraninit. Với kết quả phân tích microsonde [9] cho thấy, trong
 đới biến đổi cạnh mạch, các nguyên tố phóng xạ không chỉ nằm trong các khoáng

vật phụ như monazit, xenotim, rutil, silicat chứa Th, mà còn tạo khoáng vật như thorit, uranothorit, uraninit và U trong khoáng vật có hàm lượng này khá cao từ 5,6-14,38% [9] (Bảng 3.17).

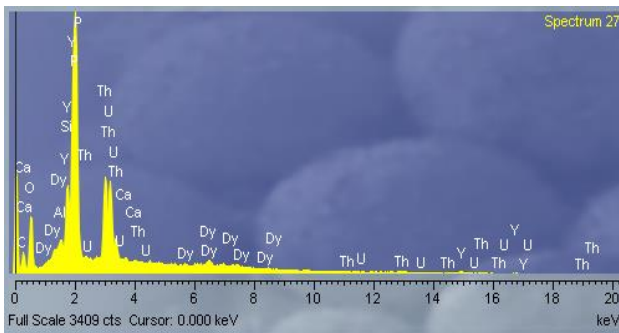
Bảng 3.16: Thành phần hóa mạch khoáng hóa molipdenit trong granitoid khu vực Ngọc Tụ (%tl)

Số hiệu \ Thành phần	Mo	Pb	Sn	W	Zn
DH 2107/2	0,314	0,017	0,003	0,144	0,0018
DH2306/3	0,063	-	0,062	0,137	-
DH2305/2	0,384	0,03	0,003	0,126	0,045

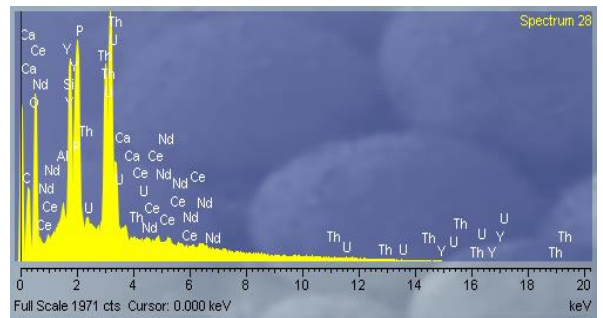
Nguồn số liệu: Phương pháp ICP-MS Viện địa chất Viễn đông, CHLB Nga [9]



(26) Xenotim



(27) Hỗn hợp: thorit+xenotim+uraninit



(28) Hỗn hợp: thorit + xenotim +uraninit

Hình 3.18: Phổ các nguyên tố trong khoáng vật đới đá biến đổi gần mạch quặng thạch anh - molipdenit khu vực xã Đăk Rơ Nga và vị trí phân tích trên khoáng vật

Bảng 3.17: Thành phần khoáng vật trong đới biến đổi cạnh mạch thạch anh – molipdenit

Điểm	Khoáng vật	%															
		O	Si	P	Y	La	Ce	Pr	Nd	Gd	Tb	Dy	Er	Yb	Th	U	Tổng
Spectrum 26	Xenotim	30,91	0,37	15,43	31,66					2,22	1	4,61	2,68	3,26		1,68	94,95
Spectrum 27	Xenotim+thorit + uraninit	23,02	2,68	7,92	16,42							1,62			19,97	5,6	77,83
Spectrum 28	Thorit +uraninit	32,66	4,39	4,25	6,77		1,19		0,59						23,41	14,38	88,68
Spectrum 29	Xenotim	28,34	1,13	9,85	10,16	4	9,11	1,11	4,33	1,25		1,15					73,36

Nguồn số liệu: Phương pháp Microsond, phân tích tại Viện địa chất Viễn đông, CHLB Nga,[9].

Kết quả phân tích Microsond đơn khoáng molipdenit (MoS_2) được thể hiện ở Bảng 3.18, Bảng 3.19 cho thấy hàm lượng urani trong khoáng vật này khá cao, từ 0,037 - 0,84%. Kết quả trên cho thấy các khoáng vật molipdenit (MoS_2) thường chứa một lượng urani đáng kể. Theo Ivanov V.V. (1997) [39] thì urani thường có mặt trong một biến thể của khoáng vật molipdenit có tên gọi là jondisit của các mỏ Mo-U ở LB Nga (ở Nam Uran, Viễn Đông).

Bảng 3.18: Thành phần đơn khoáng molipdenit (%tl) ở đới khoáng hóa chứa molipden trong granitoid khối Ngọc Tú

SHM	Khoáng	Mo	S	Mn	Ni	Co	U	Tổng
NT2305	Molipdenit	18,09	81,43	0,36	0,05	0,08	-	100
KT2305/3	Molipdenit1	17,87	81,45	-	-	-	0,68	100
	Molipdenit2	18,73	80,32	-	0,06	0,05	0,84	100

Nguồn số liệu: phân tích tại Viện địa chất [9]

Bảng 3.19: Thành phần đơn khoáng molipdenit (%tl) ở đới khoáng hóa molipden granitoid khối Ngọc Tú

SHM	Khoáng	Mo	S	Mn	Ni	Co	U	Tổng
NT2307	Molipdenit	58,439	41,538	-	-	-	0,037	100

Nguồn số liệu: phân tích tại Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản [9]

Theo kết quả của Nguyễn Trường Giang (2001) [2] về việc nghiên cứu các điểm dị thường có cường độ phóng xạ cao đối với đá granit, mạch pegmatit của khối Ngọc Tú: $\text{U}_3\text{O}_8 = 0,001 \div 0,035\%$, $\text{ThO}_2 = 0,0003 \div 0,005\%$, điều này tương đối phù hợp bản chất của urani khối Ngọc Tú (Bảng 3.20).

Bảng 3.20: Bảng tổng hợp kết quả phân tích mẫu hoá xạ

STT	Số hiệu mẫu	Kết quả phân tích (%)		Tên đá	Ghi chú
		ThO ₂	U ₃ O ₈		
1	MR.4042/1	0,0005	0,01	Dị thường xạ trong aluvi	Khối Ngọc Tụ
2	MR.3060	<0,0003	0,02	Granit biotit hạt lớn	Khối Ngọc Tụ
3	MR.4063/1	<0,0003	0,02	Dị thường xạ trong aluvi	Khối Ngọc Tụ
4	MR.5088	<0,0003	0,007	Pegmatit	Khối Ngọc Tụ
5	MR.6046	<0,0003	0,023	Granit biotit hạt vừa	Khối Ngọc Tụ
6	MR.H.85	<0,0003	0,035	Dị thường xạ trong aluvi	Khối Ngọc Tụ
7	MR.H.86	<0,0003	0,019	Dị thường xạ trong aluvi	Khối Ngọc Tụ

Nguồn số liệu: phân tích tại Liên đoàn Xạ Hiếm [2]

3.4.3. Mối quan hệ giữa khoáng hóa molipdenit và granitoid Ngọc Tụ

a. Đặc điểm đồng vị

Trên cơ sở nghiên cứu đặc điểm khoáng hóa nói trên, các kiểu quặng đặc trưng được lựa chọn để phân tích đồng vị oxy đối với một số đơn khoáng. Trong đó, đặc điểm đồng vị oxy ($\delta^{18}\text{O}$) [9] của thạch anh nhiệt dịch ở mạch thạch anh - molipdenit - sulfua và đới biến đổi chứa quặng molipden ở bảng 3.21 cho giá trị $\delta^{18}\text{O} = 9,1 - 12,8\%$. Theo Rollingson [30], giá trị này đặc trưng cho nguồn magma granitoid. Mặt khác, theo nghiên cứu của Trần Trọng Hòa [4], thành phần đồng vị bền $\delta^{34}\text{S}$ trong các khoáng vật quặng dao động từ $-0,9\%$ đến $+4,1\%$ cũng đặc trưng cho nguồn magma granit.

Bảng 3.21: Thành phần đồng vị oxy trong quặng molipdenit Ngọc Tụ

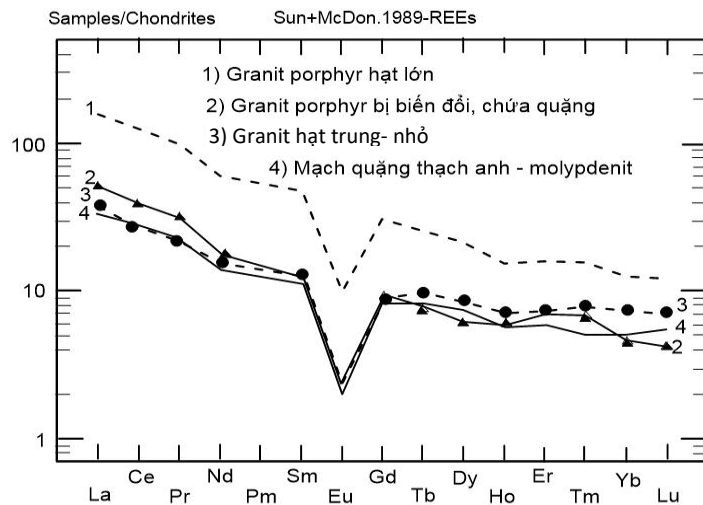
TT	Mẫu	Kiểu quặng/đới biến đổi	Đơn khoáng	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ (‰)	Sai số
1	R 2306/2	Mạch thạch anh - molipdenit-sulfua	Thạch anh nhiệt dịch	12,8	0,1‰
2	NT 2324	Đới biến đổi chứa quặng molipden	Muscovit	9,1	
3	DV 2110/3	Mạch thạch anh - molipdenit	Thạch anh nhiệt dịch	11,7	0,1‰

Nguồn số liệu: phân tích tại Viện địa chất Viễn đông, CHLB Nga, 2018 [9]

Kết quả phân tích đồng vị Re - Os trên khoáng vật molipdenit trong mạch thạch anh-molipdenit khu vực Ngọc Tụ của Trần Hoàng Vũ (2014) [20] cho tuổi $238 \pm 1,7$ triệu năm. Tuổi này tương đồng với kết quả phân tích tuổi đồng vị cho granitoid Ngọc Tụ bằng phương pháp U-Pb trên zircon $240,51 \pm 0,8$ triệu năm

(Granit porphyr ban tính lớn chứa quặng) và $239,0 \pm 1,5$ triệu năm (granit hạt trung – nhỏ có ranh giới chuyển tiếp với granit porphyr, gần quặng molipden) của Nguyễn Văn Niệm (2018) [9]. Ở đây, quặng hóa molipden thành tạo muộn hơn không đáng kể so với granit Ngọc Tụ, chúng thành tạo thuộc giai đoạn cuối của hoạt động magma Ngọc Tụ.

Đặc điểm phân bố các nguyên tố đất hiếm (Hình 3.19) trong mạch thạch anh - molipdenit và đới biến đổi cạnh mạch giống nhau, tương đồng với đá granit hạt trung - nhỏ khối Ngọc Tụ. Bên cạnh đó, dị thường dương Tm của đới biến đổi chứa quặng phần nào phản ánh điều kiện oxy hóa do biến đổi thứ sinh (magma muộn) của đá chứa quặng (granit porphyr) tạo điều kiện cho sự di chuyển Mo ra khỏi môi trường đá gốc để tham gia vào dung dịch tạo quặng. Theo dạng đồ hình của nhóm nguyên tố đất hiếm trong đới quặng hóa và đá granit hạt trung - nhỏ phân bố xung quanh ở phần thấp hơn nhiều so với granit porphyr. Điều này chứng tỏ tổng đất hiếm của kiểu đá hạt trung – nhỏ và quặng thấp hơn granit porphyr thành tạo sớm hơn nên magma granit Ngọc Tụ được hình thành do quá trình nóng chảy từng phần.



Hình 3.19: Biểu đồ phân bố đất hiếm của đới quặng thạch anh - molipdenit so với đá granit hạt trung - nhỏ và granit porphyr hạt lớn khối Ngọc Tụ.

Trên cơ sở các điểm khoáng hóa là mạch thạch anh – molipdenit với thành phần hóa học và thành phần khoáng vật quặng chứa Mo, W, U khá cao. Đồng thời các kết quả nghiên cứu về nguồn gốc quặng hóa thì tương đồng với nguồn magma granitoid khối Ngọc Tụ. Điều đó cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ tiềm năng sinh khoáng molipden (Mo), wolfram (W), urani (U).

3.5. Nguồn nhiệt và tổng khối lượng magma có khả năng tạo mỏ dự kiến

a. Liên hệ nguồn nhiệt và trữ lượng tiềm năng

Cathles (1981, 1983) tính toán rằng lượng nhiệt đủ để tạo tất cả các mỏ trong bồn Hokuroko chỉ có thể đạt được do một bể magma chứa trên 169 km³ dung thể felsic. Mỏ Noranda có thể cần một bồn magma > 78 km³. Can (1985) đã sử dụng các thông số và có thể khẳng định rằng một trữ lượng trung bình của một diện tích chứa 30 triệu tấn sulfua có thể cần nguồn nhiệt từ một bể magma có dung lượng 300 km³. Các khối xâm nhập có kích cỡ tương tự được liên quan hầu hết đến các tỉnh mỏ Cu - Zn tuổi Arkei và Proterozoi ở Canada. Trên cơ sở tài liệu địa chất tỷ lệ 1: 50.000 đã xác định được khu vực Ngọc Tụ 245 km² diện tích xuất lộ granit, granit porphyr, diện tích này không kể một số điểm lân cận... Từ đó xác định dung lượng magma granit dự kiến 245 km³ (Lấy chiều sâu dự kiến khoảng 1 km). Nếu cùng môi trường lắng đọng quặng (Môi trường dưới nước) với các mỏ nói trên thì tạo ra khoảng 24,5 triệu tấn sulfua. Quy đổi khối lượng granit ở Ngọc Tụ (Tỷ trọng granit 2,75 kg/m³) ta được: 673.750.000.000 kg granit x 5,24ppm (Tương ứng hàm lượng trung bình của granit hạt nhỏ - trung) = 3.530.450 kg Mo; nếu lấy mức 1,96 ppm Mo của granit porphyr thì 1.320.550 kg Mo. Ngoài ra, các dung dịch quặng tách ra trong quá trình hình thành và sau thời gian đông cứng magma cũng là nguồn quan trọng tập trung các nguyên tố quặng (gồm cả việc thu nhận từ môi trường xung quanh).

Tuy nhiên, môi trường lắng đọng quặng Ngọc Tụ là các đứt gãy, khe nứt (không phải đáy biển) nên loại trừ nguồn nhiệt hao tổn để cô lập thủy học nhằm chống nguội lạnh đột ngột do việc trộn lẫn cùng với nước biển lạnh và đối lưu đi xuống, có chăng là nguồn nhiệt cần để dung dịch di chuyển và trao đổi vật chất với đá vây quanh làm tăng nồng độ các kim loại quặng nên nguồn năng lượng yêu cầu cho quá trình tạo quặng ở Ngọc Tụ được hạn chế đi rất nhiều. Vì vậy, các thể magma granitoid trong vùng có khả năng cung cấp đủ nhiệt cho quá trình tạo quặng.

b. Yếu tố tập trung nguồn nhiệt

Nắp giữ nhiệt đối với đới phản ứng nhiệt dịch là yếu tố quan trọng nhất trong các thành tạo của các mỏ sulfua đặc xít được Hodgson và Lydon (1977); Kappel, Franklin (1989). Nắp giữ nhiệt này đẩy chặt các dung dịch trong đới cung cấp nguồn nhiệt, vì vậy sẽ ngăn chặn sự thoát ra không tập trung của dung dịch nhiệt

dịch nói trên. Nắp này có thể có nhiều dạng.

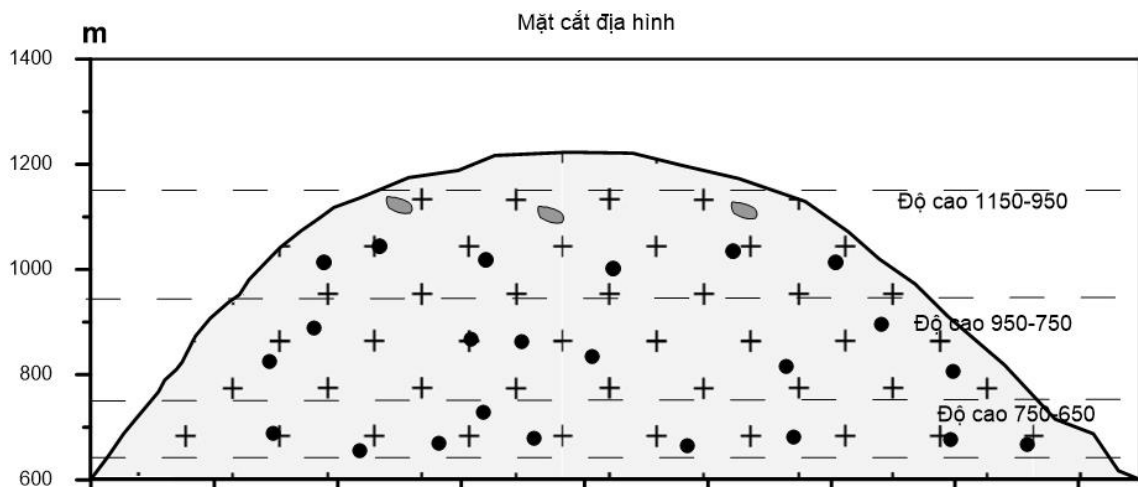
Theo lý thuyết đã đề cập, các tầng đá biến chất hệ tầng Tắc Pô phân bố rộng, bị granit Ngọc Tụ xuyên cắt có thể coi như nắp giữa nhiệt (tạo các đới sùng kéo dài hàng chục km khi tiếp xúc nhiệt) và môi trường trao đổi thành phần vật chất khi magma đi lên (dấu hiệu trước hết là các thể tù trong đá granit, biểu hiện của propylit hoá, greisen hoá, chlorit hoá...), đồng thời cũng góp phần tạo các khe nứt nhiệt dịch (hydrofracture) chứa sulfua trong magma khi đông cứng – nguội lạnh. Ít nhất, do tác động của hoạt động kiến tạo khi dung thể magma granitoid, dung dịch quặng và dung dịch nhiệt dịch đi lên thì các thành tạo biến chất này cũng làm chậm lại sự thoát nhiệt, tạo điều kiện cho khả năng trao đổi nguồn vật chất trong thời gian dài hơn để tái tập trung các nguyên tố quặng.

Như vậy, *tích hợp các tiêu chí gồm chuyên hóa địa hóa, kiểu sinh khoáng, môi trường magma nguyên sinh, mối quan hệ nguồn gốc quặng hóa và magma cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ có tính chuyên hóa sinh khoáng molipden (Mo), wolfram (W) và urani (U).*

CHƯƠNG 4. ĐẶC ĐIỂM MỨC ĐỘ BỐC MÒN GRANITOID KHỐI NGỌC TỤ, KON TUM

4.1. Đặc điểm kiến trúc cấu tạo đá và biến thiên hàm lượng khoáng vật theo các mức độ cao

Xác định mức bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ dựa vào việc sử dụng các tiêu chí địa chất, thạch học, địa hóa và các tiêu chí khác phản ánh sự phân bố thành phần của khối xâm nhập. Như ở chương 2 đã trình bày, để đánh giá mức độ bóc mòn của granitoid khối Ngọc Tụ, luận án đã phân tập mẫu và lấy mẫu địa hóa đá gốc theo 3 nhóm theo các khoảng độ cao tuyệt đối là 1150-950m, 950-750m và 750-650m (Hình 4.1).



Hình 4.1: Mặt cắt phân bố các mẫu địa hóa đá gốc trên granitoid khối Ngọc Tụ

Kết quả khảo sát thực tế cho thấy: từ độ cao tuyệt đối 1150m xuống 950m chủ yếu là đá granit porphyr sáng màu, hạt porphyr có kích thước không đều, chiều dài của hạt felspat dao động từ 1cm đến 4cm (Ảnh 4.1 ÷ Ảnh 4.2), đôi khi có hạt dài hơn 6cm (Ảnh 4.2). Thành phần granit porphyr chủ yếu là felspat, nền là thạch anh, plagiocla, felspat kali, biotit và muscovit. Khoáng vật phụ thường gặp là ortit, monazit, zircon, sphen (ít) và khoáng vật quặng (Bảng 4.1 và Bảng 4.2). Mặc dù, trong granit porphyr đã phát hiện có các thể tù đá lai tính (Ảnh 4.1 và Ảnh 4.2), nhưng tần suất bắt gặp thấp. Ở đây thể thù là yếu tố địa chất để đánh giá vị trí xuất lộ của khối nhưng đây cũng là cơ sở lấy các mẫu đánh giá mức độ bóc mòn được tách biệt để tránh yếu tố hỗn nhiễm, ảnh hưởng đến kết quả tính toán.

Mức độ cao 950 - 750m gặp đá granit porphyr ban tinh đều hạt hơn (Ảnh 4.3 và 4.4) và các khoáng vật cũng thay đổi (Bảng 4.1 và Bảng 4.2). Mức độ cao 750-650m bắt gặp đá granit hạt đều, hạt có kích thước trung bình - nhỏ (Ảnh 4.5 và 4.6).



Ảnh 4.1: Granit porphyr chứa thể tù (Đắk Rơ Nga).
Độ cao 960m (NT2428). (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).



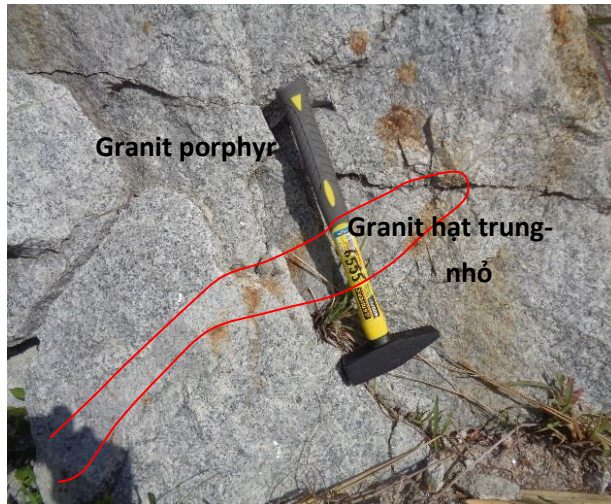
Ảnh 4.2: Thể tù trong đá granit porphyr khối Ngọc Tụ (Đắk Rơ Nga).
Độ cao 900m (NT2421). (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018)



Ảnh 4.3: Granit porphyr khối Ngọc Tụ (Đắk Rơ Nga)
Độ cao 750m (NT2431). (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).



Ảnh 4.4: Đá granit porphyr. Độ cao 730m. (NT2428)
(Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).



Ảnh 4.5: Granit porphyr và hạt trung-nhỏ, suối Đắc Rơ Sa, Ngọc Tú.
Độ cao 654m. (NT2115) (Ảnh: Đỗ Đức Nguyên, 2018).



Ảnh 4.6: Granit porphyr hạt đều đến trung bình - nhỏ.
Độ cao 650m (NT2302). (Ảnh Đỗ Đức Nguyên, 2018)

Ở các bãi bồi dọc theo các nhánh suối chảy từ đỉnh Ngọc Tụ xuống như Đăk Rơ Sa và Đăk Rơ Nga cũng ghi nhận sự có mặt của tầng lẫn thành phần granit aplit sáng màu, đá phiến kết tinh. Một số tầng granit aplit có kích thước khá lớn, khoảng 1x1 đến 5x2m. Thành phần các đá này rất đặc trưng cho các đá phần vòm đỉnh và bên trên đỉnh của khối granit.

Đồng thời, theo kết quả nghiên cứu về quan hệ quặng hoá với granitoid Ngọc Tụ ở Chương 3, quặng hoá trong khu vực nghiên cứu được thành tạo ở giai đoạn magma muộn nên còn khả năng tồn tại quặng Mo, W ở phần sâu của phần rìa khối và các diện tích lân cận đang bị phủ bởi các đá biến chất (Magma granitoid chưa xuất lộ - Ảnh 4.7). Tuy nhiên, phần bị bóc mòn có thể hình thành các mỏ thứ sinh đối với nguyên tố linh động như U trong những môi trường địa chất thuận lợi ở các vùng lân cận



Ảnh 4.7: Khối granit nhỏ trong đá biến chất và chưa bị xuất lộ phía rìa khối Ngọc Tụ (Phía trong đới sừng giữa granit Ngọc Tụ và đá biến chất khoảng 100 – 150m tiến về nội khối granitoid Ngọc Tụ)

Kết quả phân tích xác định hàm lượng khoáng vật (Bảng 4.1 và Bảng 4.2) cho thấy, theo mặt cắt đứng, từ dưới lên trên có sự gia tăng của các khoáng vật plagiocla, felspat kali, monazit và sự giảm dần hàm lượng apatit và ortit.

Hàm lượng của khoáng vật phụ apatit và ortit giảm dần phản ánh sự gia giảm có quy luật của Ca trong đá theo hướng từ dưới lên trên.

Bảng 4.1: Thành phần khoáng vật chính của đá theo các mức độ cao của khối

Mức độ cao (m)	Số lượng mẫu	Thành phần (%)				
		fk	pl	q	bi	mus
950-1150	9	34,2	35,3	25,0	3,0	1,1
		32,2	33,4	33,8	3,9	1,2
750-950	9	32,5	35,4	26,5	4,4	1,7
		33,2	34,7	32,3	2,8	1,3
650-750	12	24,6	28,5	25,8	3,6	1,7
		25,7	25,2	21,9	5,0	1,0
		28,8	33,2	25,2	3,8	1,7

Bảng 4.2: Thành phần khoáng vật phụ của đá theo các mức độ cao của khối

Khoảng độ cao lấy mẫu (m)	Số mẫu	Thành phần (%)								
		Orthit	Zircon	Monazit	Apatit	Sphen	Epidot	Rutil	Fluorit	Quặng
1150 - 950	7	ít		Vài hạt	Vài hạt	Vài hạt	ít	ít		
950 - 750	7	Vài hạt	Vài hạt	ít	1	1	ít		1	ít
750 - 650	8	5	Vài hạt		2	2	Vài hạt			Vài hạt

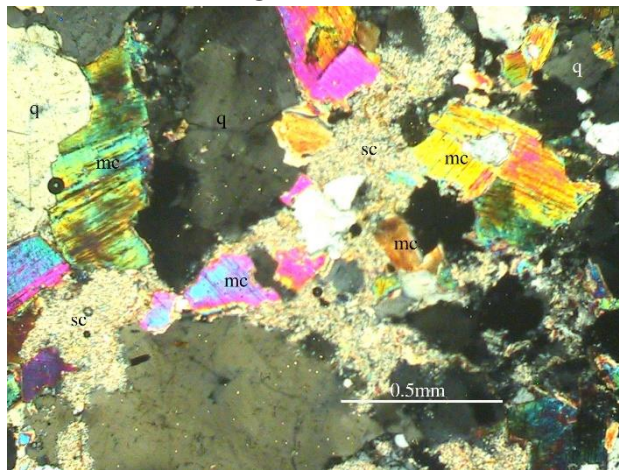
Như vậy, theo mặt cắt đứng, granitoid khối Ngọc Tú đặc trưng bởi sự phổ biến đá granit porphy, kích thước hạt porphy không đều và có hạt rất lớn. Trong đá granit porphy này còn bắt gặp thể tù của đá vây quanh nhưng với tần suất xuất hiện thấp. Ở phần thấp của mặt cắt có sự xuất hiện của đá granit hạt trung – nhỏ. Đồng thời, từ dưới lên trên có sự biến đổi đơn hướng của các khoáng vật tạo đá và khoáng vật phụ.

4.2. Đặc điểm đá biến đổi khối granitoid Ngọc Tú

Trong granit porphy có gặp các đá biến đổi greisen hóa yếu đi cùng với biến đổi chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa, albit hóa, gặp ở dọc suối Đắc Ta Kan (khu vực thủy điện Đắc Rơ Sa), khu vực Đắc Mạnh. (Ảnh 4. 7; 4. 8; 4. 9).



Ảnh 4.8: Đới biến đổi greisen hóa yếu trong granit porphyr phức hệ Bà Nà, khu vực xã Đăk Rơ Nga, Đăk Tô, Kon Tum.

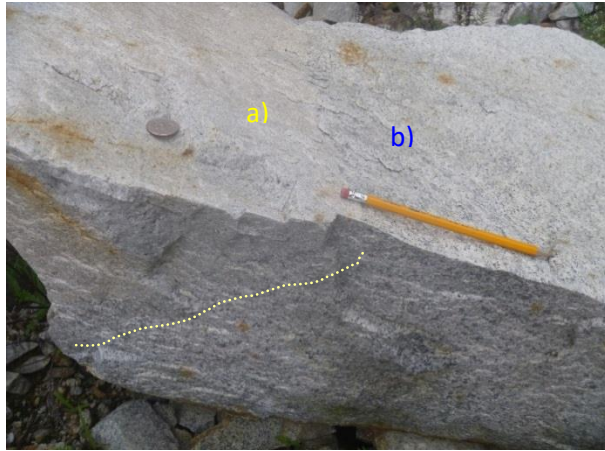


Ảnh 4.9: Thành phần thạch học granit porphyr bị biến đổi greisen hóa yếu, khu vực xã Đăk Rơ Nga, Đăk Tô, Kon Tum. Nikon(-). mc - muscovit, q - thạch anh, sc - sericit.

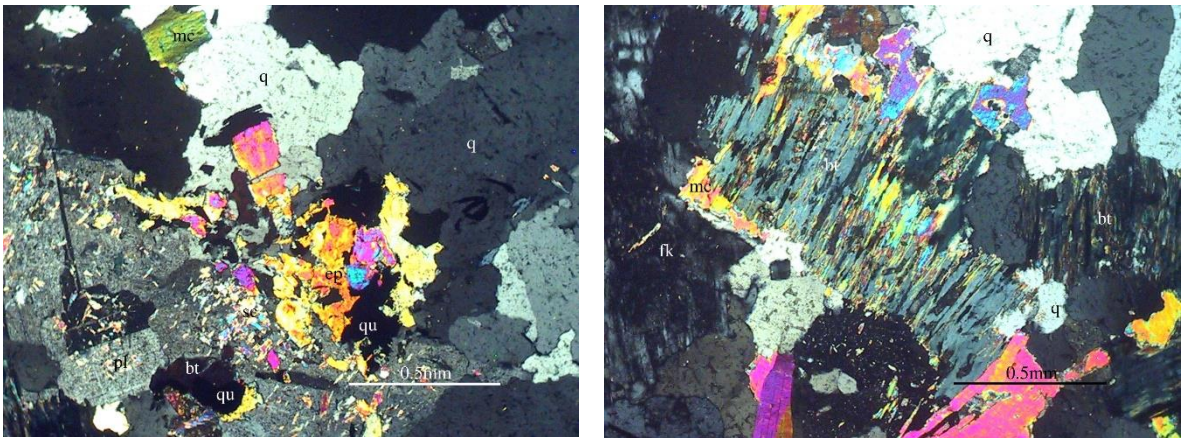


Ảnh 4.10: Đới biến đổi greisen hóa yếu chứa khoáng vật quặng, trong granit porphyr, khu vực xã Đăk Rơ Nga, Đăk Tô, Kon Tum. Nikon(-). fk - felspat, sc - sericit, q - thạch anh, qu - quặng

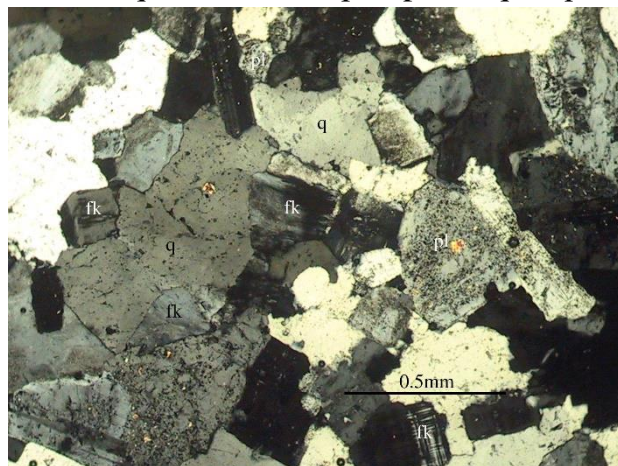
* Granit hạt nhỏ - vừa bị sericit – epidot hóa, microclin hóa, albit hóa, chlorit hóa, ít muscovit hóa (Ảnh 4.10, 4. 11, 4. 12).



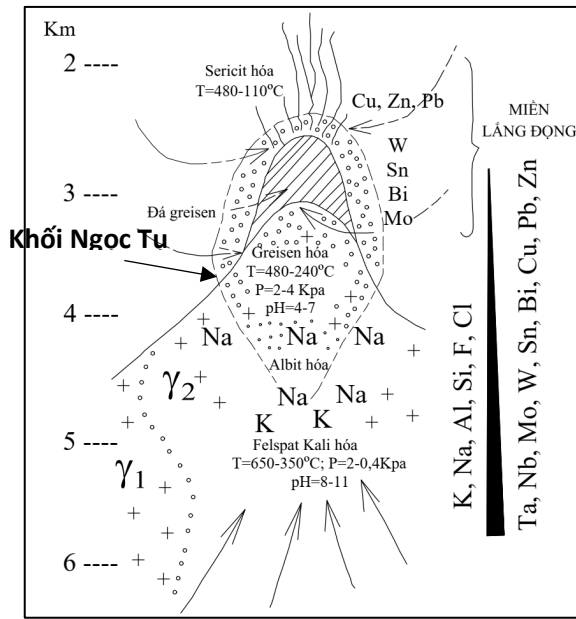
Ảnh 4.11: Hiện tượng phân đới trong granit khu vực chứa khoáng hóa molipden (NT8 -Ngọc Tú) và hệ thống khe nứt phương vị $250 - 260 \angle 55- 75$ cùng các đới greisen hóa



Ảnh 4.12: Đá granit hạt vừa - nhỏ bị biến đổi sáng màu (Ảnh 4. 10 - phần a) với hiện tượng biotit bị chlorit hóa, ít muscovit hóa, epidot hóa (đọc theo cát khai) cùng một số khoáng vật quặng. Nikon (-). Fk - felspat, pl - plagioclas, bt - biotit, mc - muscovit, q - thạch anh, ep - epidot, qu - quặng.



Ảnh 4.13: Đá granit phần hạt nhỏ (diện đặt bút chì trên Ảnh 4. 10 - phần b). Nikon (-). Fk - felspat, pl - plagioclas, bt - biotit, mc - muscovit, q - thạch anh



Theo sơ đồ khoáng vật địa hóa theo chiều dọc phân vùng albitite-greisen theo V I. Sinykov (Hình 4.2). Quá trình biến chất trao đổi sau magma kiểu granitoid Ngọc Tú thường gặp nghiêng về greisen hóa yếu đi cùng với albit hóa, chlorit hóa, nó đặc trưng cho phần nông và có mối liên quan với khoáng hóa molipden rõ ràng. Đặc điểm này phản ánh mức độ bóc mòn trung bình theo chiều thẳng đứng của khối magma.

Hình 4.2: Theo sơ đồ đá biến chất albit-greisen đánh giá mức độ bóc mòn cho granitoid Ngọc Tú.

Đặc điểm địa hóa chính của magma liên quan đến mỏ khoáng molipden: Theo Ivanov V.V (1997), trên cơ sở đánh giá các mỏ, ông đã xác định rằng Mo tồn tại trong khoáng vật quặng molipdenit liên quan với các thành tạo thạch anh - felspat sớm và greisen muộn. Khi chúng phân bố trong các mạch thạch anh hoặc đới greisen mà chứa wolframit, bismut, fluorit, sheelit và các sulfua khác sẽ đặc trưng cho phần trên.

4.3. Đặc điểm hệ số thạch hóa và phân bố hàm lượng nguyên tố theo độ cao

Để làm rõ hành vi địa hóa và quy luật phân bố của các nguyên tố hóa học theo độ sâu phân bố, tương ứng với hành vi của chúng trong quá trình thành tạo khối granitoid, luận án sử dụng phương pháp và các công thức tính của Amshinsky N.N. (1973) như đã trình bày ở chương 2.

Bảng 4.3: Hàm lượng trung bình (%tl) các nguyên tố tạo đá của granitoid khối Ngọc Tú theo các mức độ cao của khối

Khoảng độ cao lấy mẫu (m)	Thông số	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂
1150-950	X	72,75	12,59	0,82	1,27	0,96	2,10	5,41	0,29	0,03	0,12	0,17

(trung bình 1050)	S ²	0,50	1,32	0,07	0,43	0,65	1,35	0,35	0,05	0,02	0,06	0,03
	V	0,01	0,11	0,08	0,34	0,68	0,64	0,06	0,16	0,54	0,50	0,16
950-750 (trung bình 875)	X	72,65	13,46	0,66	0,79	1,22	2,79	5,07	0,35	0,04	0,11	0,21
	S ²	0,87	0,55	0,18	0,17	0,55	0,29	0,33	0,12	0,01	0,02	0,06
	V	0,01	0,04	0,27	0,21	0,45	0,11	0,07	0,33	0,21	0,22	0,29
750-650 (trung bình 700)	X	71,38	13,89	0,70	0,75	1,28	2,61	4,97	0,36	0,04	0,12	0,22
	S ²	0,83	0,64	0,07	0,32	0,27	0,85	0,38	0,06	0,02	0,04	0,04
	V	0,01	0,05	0,11	0,43	0,21	0,33	0,08	0,18	0,62	0,47	0,20
Gradient trung bình		+3,91	-3,72		+1,47	-0,93		+1,26	-0,20			-0,13

Ghi chú: “+” (Xu hướng phân bố hàm lượng tăng dần theo độ cao);
“-” (Xu hướng phân bố hàm lượng tăng giảm theo độ cao)

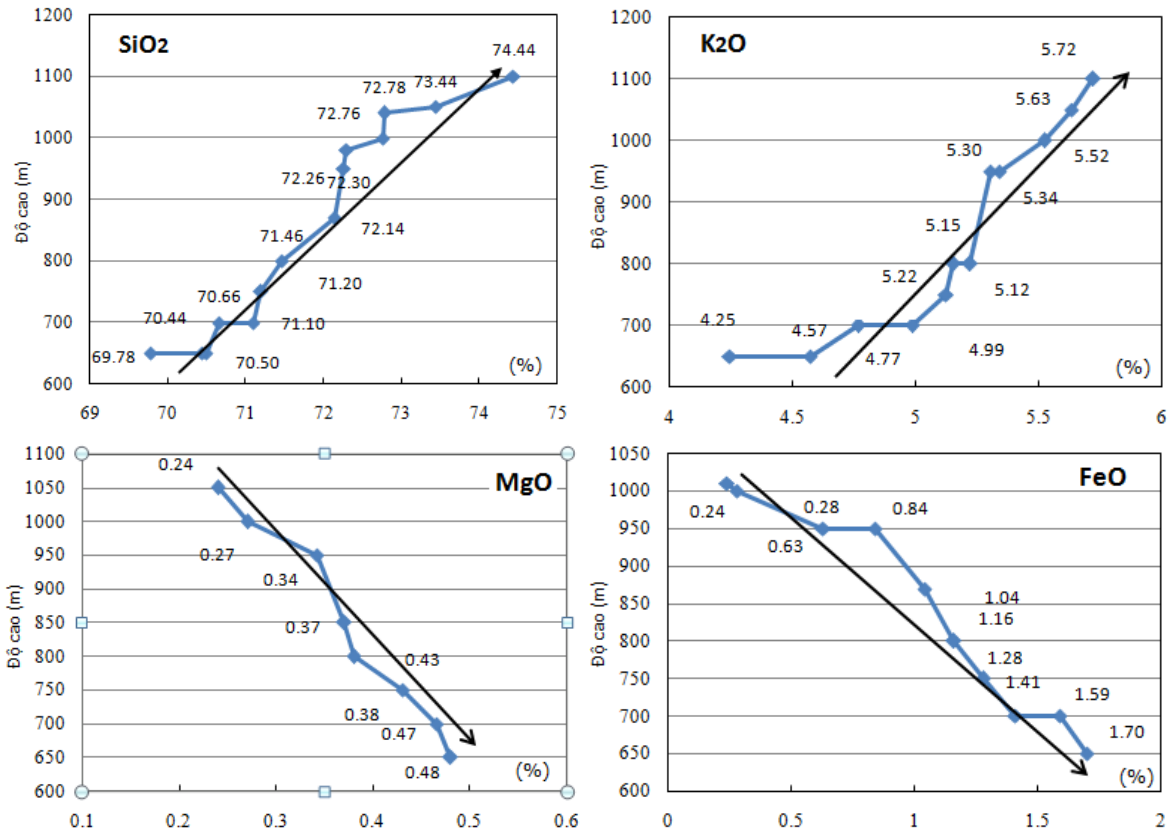
Kết quả tính toán hàm lượng của các nguyên tố tạo đá theo các mức độ cao ở bảng 4.3 và biến thiên hàm lượng của chúng theo chiều thẳng đứng (Hình 4.3) thể hiện rõ nét xu hướng biến thiên hàm lượng (%t) từ dưới lên trên như sau:

Xu hướng phân bố hàm lượng tăng dần theo độ cao: Hàm lượng SiO₂ tăng từ 71,38 ở mức 700m lên 72,65 ở mức 875m và đạt 72,75 ở mức độ cao 1050m. Hàm lượng K₂O tăng từ 4,97 → 5,07 → 5,41. Tương tự, cũng có xu hướng tăng là hàm lượng của Fe₂O₃: 0,75 → 0,79 → 1,27.

Xu hướng phân bố hàm lượng giảm dần theo độ cao: Các thành phần thể hiện xu hướng giảm gồm có MgO, FeO, Al₂O₃ và TiO₂. Trong đó hàm lượng MgO giảm tuần tự từ 0,36 → 0,35 → 0,29; FeO giảm từ 1,28 xuống 1,22 và tới 0,96.

Không có xu hướng rõ ràng trong biến động hàm lượng là các thành phần CaO, Na₂O, MnO và P₂O₅.

Như vậy, granitoid khối Ngọc Tụ có đặc trưng thạch hóa bởi tổ hợp các oxyt phân bố hàm lượng đi lên là SiO₂, K₂O và Fe₂O₃ và phân bố hàm lượng đi xuống là MgO, FeO, Al₂O₃ và TiO₂.



Hình 4.3: Biến thiên hàm lượng (%tl) các nguyên tố theo độ cao

Kết quả tính toán hệ số phân đới thạch hóa theo mặt cắt đứng (Bảng 4.4) thể hiện rõ nét xu hướng giảm dần từ cao xuống dưới thấp của hệ số phân cực thạch hóa K1, hệ số axit-bazơ K2 và K3, hệ số kiềm - bazơ K4 (Công thức tính toán chi tiết ở chương 2).

Sự phân bố quy luật của các nguyên tố tạo đá và hệ số phân đới thạch hóa cho phép tính toán gradient phân đới đứng cho 1km độ sâu (Bảng 4.3 và Bảng 4.4).

Bảng 4.4: Đặc trưng số theo Zavarishky và hệ số phân đới thạch hóa theo chiều đứng của granitoid khối Ngọc Tú

Độ cao (m)	Đặc trưng số					Hệ số			
	a	c	b	s	Q	K1	K2	K3	K4
1150-950 (6 mẫu)	12,97	1,06	4,41	81,56	36,11	17,27	6,60	14,90	2,37
950-750 (8 mẫu)	13,17	0,84	4,95	81,04	34,89	16,69	6,18	14,35	2,34
750-650 (10 mẫu)	12,86	0,85	5,42	80,87	35,16	16,09	5,91	13,83	2,26
Gradient trung bình cho toàn khối Ngọc Tú						5,12	2,83	4,57	0,89

Thông số địa hóa (hàm lượng trung bình, độ lệch chuẩn, hệ số biến phân) và gradient của các nguyên tố vi lượng theo 03 khoảng độ cao được xác định bởi các mẫu địa hóa nguyên sinh, trong đó toàn bộ các mẫu này đã được phân tích hóa silicat và một số lát mỏng thạch học (Bảng 4.5). Theo dõi sự biến thiên hàm lượng trung bình của các nguyên tố vi lượng theo các mức độ cao cho thấy:

Các nguyên tố có xu hướng phân bố hàm lượng tăng dần gồm (15 nguyên tố): Be, Ga, La, Li, Nb, Sc, Rb, Hf, Re, Tl, Mo, Sn, W, Th, U.

Các nguyên tố có xu hướng phân bố hàm lượng giảm dần gồm (6 nguyên tố): Cd, Cu, Cr, Co, Ni, V.

Nhóm nguyên tố không thể hiện xu hướng phân bố hàm lượng theo các mức độ cao là (10 nguyên tố): As, Ba, Ce, Ge, Pb, Sr, Ta, Y, Zn, Cs.

Kết quả tính toán ở bảng 4.3, 4.4 và 4.5 không chỉ phản ánh xu hướng phân bố hàm lượng của các nguyên tố hóa học theo độ cao, mà còn phản ánh hành vi của chúng trong quá trình thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ. Kết quả tổng hợp đó cho phép thành lập bảng phân loại nguyên tố hóa học theo hành vi của chúng trong quá trình thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ (Hình 4.3).

Bảng 4.5: Thông số địa hóa và gradient các nguyên tố vi lượng (ppm) theo các mức độ cao của granitoid khối Ngọc Tụ

Độ cao (m)	1150-950			950-750			750-650			Gradient trung bình
	X	S ²	V	X	S ²	V	X	S ²	V	
As	1,29	0,08	0,06	1,52	0,65	0,38	1,48	0,75	0,50	
Ba	264,83	125,80	0,48	333,88	43,27	0,13	323,34	110,39	0,34	
Be	7,25	1,82	0,35	7,16	4,31	0,60	5,18	1,96	0,38	+5,93
Cd	0,04	0,00	0,09	0,05	0,02	0,45	0,08	0,12	1,50	-0,11
Ce	70,57	17,70	0,25	72,53	27,78	0,38	43,24	28,16	0,65	
Co	2,33	0,87	0,37	3,16	1,14	0,36	3,41	1,03	0,43	-3,10
Cr	57,50	16,04	0,28	66,29	19,79	0,26	76,09	15,76	0,24	-24,53
Cu	3,81	1,72	0,45	5,92	4,55	0,77	14,41	12,02	0,83	-30,31
Ga	18,43	1,71	0,09	17,98	0,73	0,04	16,42	2,84	0,17	+5,73
Ge	2,95	0,15	0,05	2,99	0,48	0,16	2,69	0,40	0,15	
La	47,73	23,96	0,50	36,01	13,90	0,39	22,03	13,07	0,59	+73,43
Li	63,10	33,84	0,54	56,53	40,65	0,72	45,99	38,19	0,83	+48,88
Mo	2,57	1,01	0,64	1,29	0,95	0,74	1,13	0,43	0,38	+4,09
Nb	18,60	3,39	0,18	17,84	1,96	0,11	13,58	5,48	0,40	+14,32
Ni	7,42	2,52	0,34	12,72	11,98	0,94	13,67	16,53	1,21	-17,85

Pb	54,53	15,46	0,29	44,74	5,55	0,12	52,96	16,66	0,31	
Sc	4,40	0,48	0,11	4,43	1,08	0,24	3,52	1,19	0,34	+2,50
Sn	8,40	2,63	0,31	7,64	1,74	0,23	7,02	2,74	0,39	+3,96
Sr	47,64	30,08	0,63	59,97	21,27	0,35	50,78	23,22	0,46	
Ta	2,85	1,03	0,36	3,10	0,89	0,29	2,60	1,15	0,44	
V	17,23	4,66	0,27	18,46	6,60	0,36	19,62	6,80	0,59	-6,83
W	5,56	3,80	0,68	4,55	3,67	0,81	4,90	2,78	0,57	+1,87
Y	25,40	4,59	0,18	36,40	17,54	0,48	22,74	8,43	0,37	
Zn	26,40	11,98	0,42	29,08	8,17	0,28	28,30	23,41	0,83	
Rb	402,13	39,57	0,10	388,23	29,12	0,08	384,94	38,54	0,10	+20,55
Cs	22,08	7,02	0,32	21,87	8,84	0,40	23,37	7,69	0,33	
Hf	3,43	0,81	0,24	3,27	0,90	0,28	2,17	1,21	0,56	+3,60
Re	0,02	0,01	0,57	0,02	0,00	0,26	0,01	0,00	0,34	+0,01
Tl	2,71	0,37	0,14	2,70	0,23	0,09	2,61	0,33	0,12	+0,29
Th	37,86	8,56	0,23	36,23	13,22	0,36	21,02	12,61	0,60	+48,13
U	11,90	4,79	0,44	10,07	3,03	0,30	9,93	3,78	0,38	+5,63

Liên hệ kết quả tính các tham số địa hoá với gradient địa hoá (Bảng 4.6) có thể nhận xét như sau:

Bảng 4.6: Các tham số địa hóa nhóm nguyên tố tạo quặng (ppm) và gradient địa hoá của chúng theo các mức độ cao của granitoid khối Ngọc Tú

Độ cao (m)	1150-950				950-750				750-650				Gradient trung bình
	X	S ²	V	Ktt	X	S ²	V	Ktt	X	S ²	V	Ktt	
Be	7,25	1,82	0,35	2,07	7,16	4,31	0,6	2,05	5,18	1,96	0,38	1,48	+5,93
Mo	2,57	1,01	0,64	1,71	1,29	0,95	0,74	0,86	1,13	0,43	0,38	0,75	+4,09
Sn	8,4	2,63	0,31	2,80	7,64	1,74	0,23	2,55	7,02	2,74	0,39	2,34	+3,96
W	5,56	3,8	0,68	2,78	4,55	3,67	0,81	2,28	4,9	2,78	0,57	2,45	+1,87
Th	37,86	8,56	0,23	2,10	36,23	13,22	0,36	2,01	21,02	12,61	0,6	1,17	+48,13
U	11,9	4,79	0,44	3,40	10,07	3,03	0,3	2,88	9,93	3,78	0,38	2,84	+5,63

- Các nguyên tố quặng có gradient dương như Mo, Sn, W, Th, U phản ánh tính chuyên hóa địa hóa nguyên sinh về kim loại hiếm của khối granitoid.

Các nguyên tố quặng có gradient âm chủ yếu là các nguyên tố được xem là “nguyên tố lạ”, không đặc trưng cho magma axit như Cu, Cr, Co, Ni, V. Sự xuất hiện của chúng với hàm lượng khá cao (như Cu và Ni) chủ yếu là do quá trình magma đồng hóa từ đá vây quanh như đá biến chất phức hệ Ngọc Linh và Khâm Đức. Trong một số trường hợp, chúng có thể tạo nên chuyên hóa địa hóa đồng hóa,

cụ thể là chuyên hóa địa hóa dương của Cu (1,66) trong đá granit hạt trung – nhỏ của khối Ngọc Tụ.

Kết quả tính toán hệ số gradient ở bảng 4.3, 4.4 và 4.5 thể hiện rõ nét xu hướng biến thiên hàm lượng của các nguyên tố hóa học theo chiều đứng, đồng thời cũng phản ánh hành vi của chúng trong quá trình thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ. Kết quả tổng hợp đó cho phép thành lập bảng phân loại nguyên tố hóa học theo hành vi của chúng trong quá trình thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ (Hình 4.4).

BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC

Chu kỳ	Nhóm																	
	1 1A	2 2A	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B	13 13A	14 14A	15 15A	16 16A	17 17A	18 18A
1	H																	He
2	↑Li	↑Be											↓Al	↑Si	↓P	↓S	↓Cl	↓Ne
3	↓Na	↓Mg											↓Al	↑Si	↓P	↓S	↓Cl	↓Ar
4	↑K	↑Ca	↑Sc	↓Ti	↓V	↓Cr	↑Mn	Fe	↓Co	↓Ni	↓Cu	↑Zn	↑Ga	↑Ge	↑As	↑Se	Br	Kr
5	↑Rb	↑Sr	↑Y	Zr	↑Nb	↑Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	↓Cd	In	↑Sn	Sb	Te	I	Xe
6	↑Cs	↑Ba		↑Hf	Ta	↑W	↑Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	↑Tl	↑Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs				Cn						
Lantan			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Actini			Ac	↑Th	Pa	↑U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Chú thích:

↑ Xu thế phân bố hàm lượng tăng dần ↓ Xu thế phân bố hàm lượng giảm dần

↕ Không rõ xu hướng □ Chưa nghiên cứu

Hình 4.4: Phân loại nguyên tố hóa học theo tính chất phân bố hàm lượng đi của chúng trong granitoid Ngọc Tụ (Amshinsky, 1978)

Đối chiếu kết quả tính toán tỷ số giữa các nguyên tố chỉ thị theo Amshinsky N.N. (1973) (Bảng 4.7) cho thấy, tỷ số K_2O/MgO , Nb/Y, Yb/Co (14,42 - 1,31 - 2,42) trong đá granitoid Ngọc Tụ tương ứng với granitoid tương nông.

Bảng 4.7: Tỷ số nguyên tố chỉ thị cho tương thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ theo Amshinsky N.N. (1973)

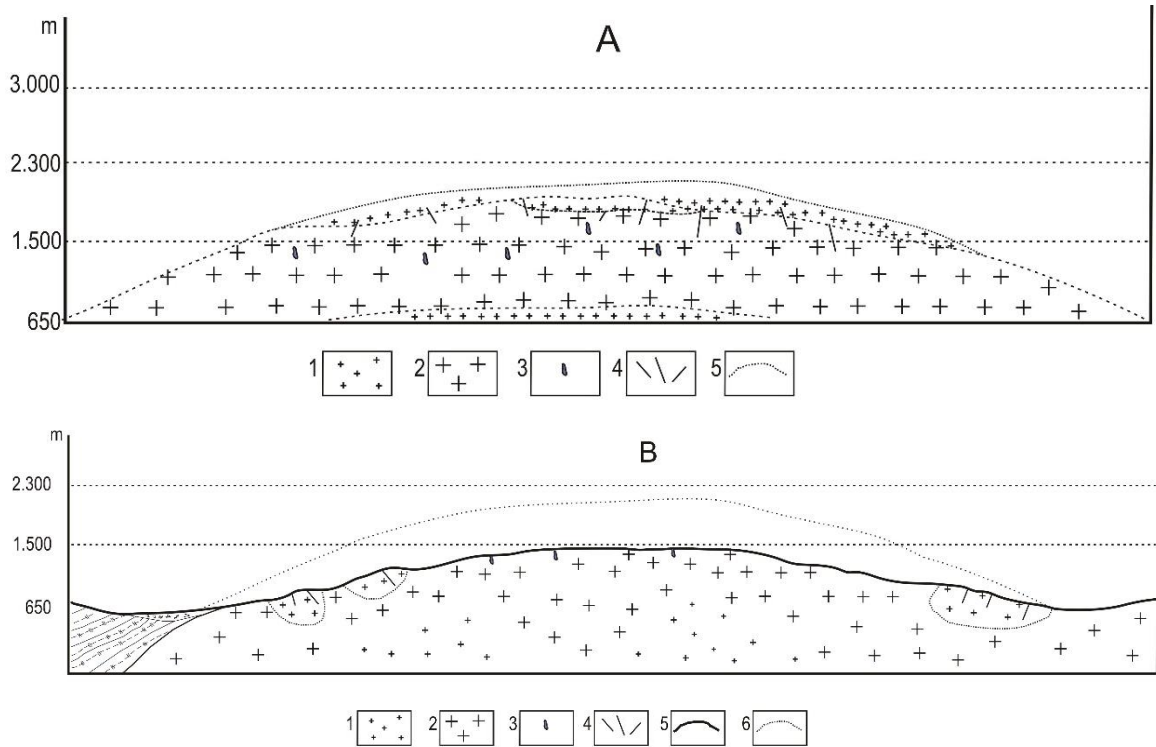
TT	Kiểu đá	Tỷ số		
		K ₂ O/MgO	Nb/Y	Yb/Co
1	Granitoid tương nông	15	1,40	2,7
2	Granitoid tương độ sâu trung bình	3,8	0,4	0,9
3	Granitoid tương sâu	2,4	0,3	0,3
4	Trung bình granitoid Ngọc Tụ	14,42	1,31	2,42

Bảng 4.8: Tỷ số nguyên tố chỉ thị mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ theo Amshinsky N.N. (1973)

TT	Mức độ bóc mòn	Tỷ số Nb/V	Khoáng hóa liên quan
1	Phần vòm đỉnh, bóc mòn thấp	≈ 4	Có biểu hiện quặng hóa
2	Phần trên, bóc mòn thấp	2	Ít có biểu hiện quặng hóa
3	Phần giữa, bóc mòn trung bình	1,2	
4	Phần dưới, bóc mòn sâu	0,3	Không có biểu hiện quặng hóa
	Trung bình granitoid Ngọc Tụ	2,18	

Trong các nghiên cứu về phân đới địa hóa, Amshinsky N.N. (1973) phân chia khối granitoid ra 4 phần tương đối là vòm đỉnh, phần trên, phần giữa và phần sâu, chênh lệch độ cao của mỗi phần là 400m. Do đó tỷ số Nb/V là 2,18 phần bóc mòn vòm đỉnh và thường có biểu hiện quặng hóa. Trong bảng 4.7 cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ, tỷ số Nb/V là 2,18 của Yb/Co là 2,42 và trên thực tế địa chất ở Ngọc Tụ, các mẫu được lấy cũng tương ứng với các mức biểu hiện quặng hóa thạch anh-molipdenit chứa sheelit và uraninit. Như vậy, kết quả này hoàn toàn phù hợp và tương ứng với đới bóc mòn thấp-trung bình, chứa khoáng hóa kim loại hiếm.

Những kết quả khảo sát và phân tích mẫu, tính toán gradient của các hợp phần khác nhau, cho phép dự kiến mô hình mức độ bóc mòn granitoid khối Ngọc Tụ, được thể hiện mô hình dự kiến mức độ bóc mòn của granitoid Ngọc Tụ (Hình 4.5) cho thấy phần quặng hóa ở vòm đỉnh đã hoàn toàn bị bóc mòn và trong diện tích đó không còn triển vọng cho khoáng sản tương ứng.



Chú giải: 1- granit hạt trung - nhỏ; 2- granit porphyry; 3- thể tù; 4- mạch, mạng mạch thạch anh-molipdenit; 5- bề mặt địa hình hiện tại, 6- ranh giới khối granitoid (giả thiết)

Hình 4.5: Mô hình bóc mòn địa chất granitoid (A- mô hình theo lý thuyết; B- mô hình dự kiến granitoid khối Ngọc Tú)

Như vậy, trên cơ sở *kết quả nghiên cứu về địa chất, thạch học, đá biến đổi, các nguyên tố chỉ thị về mức độ bóc mòn cho thấy khối granitoid Ngọc Tú có mức độ bóc mòn trung bình - thấp làm cơ sở đánh giá khả năng tồn tại quặng hóa theo không gian.*

KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu của luận án đã làm sáng tỏ tính chuyên hóa sinh khoáng làm cơ sở dự báo dự báo tiềm năng khoáng sản và mức độ bóc mòn khối granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum. Trong đó:

1. Kết quả nghiên cứu tính chuyên hóa sinh khoáng bằng những phương pháp khác nhau cho thấy khối granitoid Ngọc Tụ có chuyên hóa sinh khoáng các nguyên tố molipden (Mo), wolfram (W), urani (U).

- Dựa trên mức độ tập trung tổ hợp nguyên tố đặc trưng và hệ số clark cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ có chuyên hóa sinh khoáng Mo, W và U.

- Trên cơ sở nghiên cứu các modul thạch hóa, các biểu đồ xác định kiểu sinh khoáng magma cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ có chuyên hóa sinh khoáng Mo, W và U

- Trên kết quả nghiên cứu về môi trường magma granitoid khối Ngọc Tụ có tính oxy hóa và đặc trưng cho sinh khoáng Mo, W, U.

- Các điểm khoáng hóa dạng mạch thạch anh – molipdenit của khối granitoid Ngọc Tụ có hàm lượng cao nguyên tố Mo, W, U trong khoáng vật quặng và đồng thời tuổi của khoáng vật quặng molipdenit tương đồng với thành tạo granitoid Ngọc Tụ.

2. Khối granitoid Ngọc Tụ tương ứng với tướng xâm nhập nông và mức bóc mòn của khối ở mức trung bình – thấp, được thể hiện bởi các đặc điểm sau:

- Có biểu hiện thay đổi theo mặt cắt đứng từ trên xuống dưới theo đặc điểm địa chất là thành phần đá. Phần trên đá granit porphyry, hạt lớn, đi cùng thể tù, phần thấp hơn là đá granit hạt trung – nhỏ.

- Có sự biến thiên của các thành phần thạch học, khoáng vật tạo đá và khoáng vật phụ theo chiều sâu, từ dưới lên trên hàm lượng các khoáng vật plagiocla, feldspat kali, monazit tăng và hàm lượng apatit và ortit giảm.

- Có sự biến thiên địa hóa của nhóm nguyên tố chỉ thị có xu hướng phân bố hàm lượng tăng dần theo độ cao là Si, K, Be, Ga, La, Li, Nb, Sc, Rb, Hf, Re, Tl, Mo, Sn, W, Th, U và nhóm nguyên tố có xu hướng phân bố hàm lượng giảm dần

theo độ cao là Mg, Cd, Cu, Ti, Cr, Co, Ni, V.

- Các tỷ số nhóm nguyên tố chỉ thị cho mức độ bóc mòn là K_2O/MgO ; Nb/Y; Yb/Co; Nb/V, biến đổi magma liên quan quặng chủ yếu là greisen hoá yếu, đôi chỗ gặp albit hoá đơn lẻ. Đồng thời một số khối granitoid vệ tinh (nhỏ) cũng chưa xuất lộ cho thấy khối Ngọc Tụ tương ứng với tương xâm nhập nông và mức bóc mòn mức trung bình- thấp phản ánh khoáng hóa molipden, wolfram chứa U có khả năng tồn tại ở phần rìa khối và khu vực granitoid chưa xuất lộ trong đá vây quanh. Đồng thời khoáng hóa urani có khả năng bị bóc mòn và di chuyển ra môi trường trầm tích.

KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy granitoid khối Ngọc Tụ có tiềm năng về một số khoáng sản của Mo, W, U theo một số tiêu chí, dấu hiệu. Mặc dù đã phát hiện biểu hiện khoáng hóa molipdenit chứa sheelit và uraninit dạng mạch nhưng không nên triển khai công tác tìm kiếm chúng trong phạm vi nội khối do phần vòm đỉnh khối này bị bóc mòn gần hết mà nên tập trung ở phần rìa khối cũng như vùng lân cận có các khối granit vệ tinh chưa xuất lộ.

Tuy nhiên, tính chuyên hoá địa hoá của granitoid, sự xuất hiện quặng hoá molipden-wolfram chứa U khu vực nghiên cứu cùng với tổng lượng quặng sulfua và kim loại dự kiến cũng là những tiêu chí, dấu hiệu phục vụ định hướng thăm dò, tìm kiếm khoáng sản trong khu vực. Chúng có xu hướng tồn tại tập trung ở phần rìa khối và đá vây quanh và đá vây quanh tồn tại các thể granitoid ẩn.

Đồng thời, với mức độ bóc mòn của khối như luận án đã xác định, sẽ có một lượng lớn đất đá bị bóc mòn, rửa lũa hòa tan các nguyên tố có tính linh động cao (như U) và đưa vào môi trường trầm tích. Trong điều kiện thuận lợi, chúng có thể tập trung để tạo nên các mỏ khoáng sản nguồn trầm tích. Nghiên cứu mức độ bóc mòn các khối granitoid và tính toán dự báo lượng urani bị hòa tan và đưa vào môi trường trầm tích của các nhà khoa học LB Nga, đã dự báo và đã phát hiện được các mỏ urani kiểu “lòng cổ” mà trên bề mặt gần như không có dị thường. Do đó, trong công tác nghiên cứu dự báo khoáng sản cần lưu ý vấn đề này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Nguyễn Xuân Bao và nnk (2000), *Nghiên cứu kiến tạo và sinh khoáng Nam Việt Nam*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
2. Nguyễn Trường Giang và nnk (2001), *Kiểm tra chi tiết cụm dị thường địa vật lý máy bay vùng Ngọc Tụ, tỉnh Kon Tum*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
3. Dương Đức Kiên và nnk (2006), *Nghiên cứu sinh khoáng và dự báo triển vọng khoáng sản đới cấu trúc kiến tạo Pô Cô*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
4. Trần Trọng Hòa và nnk (2005), *Nghiên cứu điều kiện thành tạo và quy luật phân bố khoáng sản quý hiếm liên quan đến hoạt động magma khu vực miền Trung và Tây Nguyên*, Viện Địa chất, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam Hà Nội.
5. Nguyễn Quang Luật (2014), *Bài giảng Sinh khoáng học*, Trường Đại học Mở địa chất Hà Nội, Hà Nội.
6. Nguyễn Quang Lộc và nnk (1998), *Bản đồ địa chất tỷ lệ 1: 50.000 nhóm tờ Đắc Tô*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
7. Nguyễn Trung Minh và nnk (2004), “Xác định tuổi thành tạo khối Bà Nà tương ứng với pha kiến tạo Indosini bằng phương pháp đồng vị U-Pb”, *Tạp chí Địa chất*, loạt A, số 287, tr. 20 – 25, Hà Nội.
8. Nguyễn Văn Niệm và nnk (2014), *Nghiên cứu đặc điểm địa hóa của molipden trong thành tạo granitoid khối Ngọc Tụ (phức hệ Bà Nà) làm cơ sở dự báo tiềm năng khoáng sản molipden*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
9. Nguyễn Văn Niệm và nnk (2018), *Nghiên cứu chuyên hóa địa hóa molipden các thành tạo granitoid kiểu Bà Nà Việt Nam và tiềm năng sinh khoáng Mo của chúng*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
10. Cục Địa chất và Khoáng sản (2008), *Sử dụng tài liệu địa hoá trong nghiên cứu thạch luận*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
11. Nguyễn Văn Phổ và nnk (2002), *Địa hóa học*, NXB Khoa Học Kỹ Thuật, Hà Nội.
12. Bùi Minh Tâm và nnk (2010), *Hoạt Động magma Việt Nam*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
13. Trần Tính, Nguyễn Văn Trang và nnk (1994), *Báo cáo kết quả đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Kon Tum - Buôn Mê Thuật tỷ lệ 1/200.000*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.

14. Đặng Trung Thuận (1998), *Giáo trình Địa hóa nguyên tố*, Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
15. Huỳnh Trung, Nguyễn Xuân Bao và nnk (1979), *Các giai đoạn hoạt động magma kiến tạo chủ yếu ở Miền Nam Việt Nam*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
16. Trần Văn Trị và nnk (1996), *Tài nguyên khoáng sản Việt Nam*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
17. Mai Trọng Tú và nnk (2007), *Nghiên cứu tính chuyên hóa địa hóa và tiềm năng khoáng sản liên quan với các thành tạo núi lửa và xâm nhập vùng trũng Tú Lệ*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
18. Mai Trọng Tú, Yu.B. Mironov và nnk (2019), *Xác lập đặc điểm thạch học – tương đá, điều kiện thành tạo quặng urani khu vực Pà Lừa – Pà Rông*, Trung tâm Thông tin Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
19. Nguyễn Khắc Vinh và nnk (1987), *Qui phạm về các phương pháp địa hóa trong công tác đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản rắn*, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
20. Trần Hoàng Vũ và nnk (2015), “Tuổi đồng vị U-Pb trong zircon của granit khối Ngọc Tú, huyện Đắk Tô, tỉnh Kon Tum”, *Hội nghị Khoa học kỷ niệm 75 năm thành lập Ngành địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản*, Hà Nội.

Tiếng Anh

21. Tran Hoang Vu (2014), *Indosinian tectonic and magmatic evolution of the PoKo suture in the Western Highlands, central Vietnam*, Geology Masters thesis, China University of Geosciences (Beijing).
22. Blevin, P.L (2003), “Metallogeny of granitic rocks. In The Ishihara Symposium: Granites and associated metallogenesis”, *Geoscience Australia, Australia, Canberra*, pp. 1–4.
23. Blevin, P.L., (2004), “Redox and compositional parameters for interpreting the granitoid metallogeny of eastern Australia: implications for gold-rich ore systems”, *Resource Geology* 54(3): pp. 241-252.
24. Burnham, C. W., (1979, 1997), “Magmas and hydrothermal fluids. In: Barnes, The actual concentrations of ore metals, sulfur, HCl, H. L. (ed.)”, *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 2nd edn. New etc., in the MVP that enter the deep parts of ore, protore, York: John Wiley*, pp. 71–136.

25. Cox, K. G., Bell, J. D. and Pankhurst, R. J., (1979), *The Interpretation of Igneous Rocks*, Allen and Unwin, London, 450p.
26. Henderson. P, (1984), *Rare earth element geochemistry*, Elsevier, London, U.K. 510 p.
27. Ishihara, S., (1977), "The magnetite-series and ilmeniteseries granitic rocks", *Mining Geol*, 27, pp. 293-305.
28. Ishihara, S., (1981), "The granitoid series and mineralization". *Econ. Geol.*, 75, pp. 458–484.
29. Kigai. I.N, (2011), "Redox problems in the "Metallogenic Specialization" of magmatic rocks and the genesis of hydrothermal ore mineralization". *Petrologiya*, Vol.19, No.3, pp. 316-334, Russia.
30. Meinert, L. D., (1995), "Compositional variation of igneous rocks associated with skarn deposits - chemical evidence for a genetic connection between petrogenesis and mineralization", *Mineral. Assoc, Can., Short Course Series*, 23, pp. 401–418.
31. Rollinson H. R., (1994), *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*, Essex: London Group UK Ltd., 352 p.
32. Ronald J.Bakker, Manish A. Mamtani, (2000), "Fluid inclusions as metamorphic process indicators in the Southern Aravalli Mountain Belt (India)), *Contrib Mineral Petrol* (2000) 139: pp. 163-179.
33. Pearce, J. A., Harris, N. B. W., Tindle, A. G., (1984), "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks". *J. Petrol.*, 25, pp. 956–983.
34. Michel Faurea, Van Vuong Nguyen, Luong Thi Thu Hoai, Claude Lepvrier., (2018), "Early Paleozoic or Early-Middle Triassic collision between the South China and Indochina Blocks: The controversy resolved? Structural insights from the Kon Tum massif (Central Vietnam). *Journal of Asian Earth Sciences.*, Vo166. 162-180.
35. Tetsuichi Takagi, Katsuhiko Tsukimura, (1997), "Genesis of oxidized- and reduced-type granites", *Economic Geology*. Vol 92, 1997, pp. 81-86.
36. Yves Moussallam, Marie Edmonds, Bruno Scaillet, (2016), "The impact of degassing on the oxidation state of magmas: A case study of Kīlauea volcano", *Earth and Planetary Science*, Vol 450, pp. 317-325.

Tiếng Nga

37. Амшинский Н.Н. (1973), *Вертикальная петрогеохимическая зональность гранитоидных плутонов (на примере Алтая)*. Труды СНИИГГиМС, Выпуск 158, Западно-Сибирское книжное издательство, Новосибирск
38. Амшинский Н.Н., (1978), *Минералого-геохимические исследования гранитоидных пород при геологическом картировании и поисках*, Недра, Москва, 101 стр.
39. Бондаренко В. Н., Верховская Л. А., (1969), “Определение степени эродированное интрузивных тел и возможность вероятностной постановки и статистического решения этой проблемы”, *«Сов. геология»*, , № 3, с. 39-52
40. Иванов В.В., (1997), *Экогеохимия элементов*. Недра. Москва, 327 стр.
41. Караева З.Г., (1968), “Петрохимические особенности рудоносности гранитоидов” *Докл. АН СССР. Т. 179, № 6. С. 1436–1439.*
42. Коптёв-Дворников В.С., Руб М.Г., (1964), *Металлогеническая специализация магматических комплексов*, Недра, Москва, 392 стр.
43. Ляхович В.В., (1967), *Акцессорные минералы в гранитоидах Советского Союза*. М., 448 стр.
44. Маракушев А. А., Безмен Н. И., (1992), *Минерально-петрологические критерии рудоносности изверженных пород*. - М: Недра, 315 стр.
45. Немцович В.М., (1976), *Определение глубины эрозионного среза интрузивов*, Ленинград, Недра, 23 стр.
46. Пермяков Б.Н., (1986), “Петрохимические параметры как индикаторы потенциальной рудоносности магматитов//Металлогения и прогноз полезн. ископ, Мат-лы чтений памяти акад”, С.С. Смирнова. – Чита: Изд-во Заб. фил. Географ, об-ва СССР, – С. 76-78.
47. Склярёв Е.В и др., (2001), *Интерпретация геохимических данных*. - М:Интернет Инжиниринг,. ISBN 5-89594-063-3, 287 стр.
48. Синяков В. И. *Общие рудогенетические модели эндогенных месторождений*, Новосибирск : Наука, 1986. — 342 с.
49. Методические рекомендации по изучению магматических образований применительно к задачам госгеолкарт, *СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2017.* 168 стр.
50. Методические рекомендации по минералого - геохимическим исследованиям гранитоидных пород при геологическом картировании. Новосибирск, (1970), 50 стр.
51. Геологический словарь (1978), *В 2-х томах. А-М*, Издательство: Недра, Москва.
52. Геологический словарь (2010), *В трех томах. Издание третье*. Издательство ВСЕГЕИ; Санкт-Петербург, ISBN 978-5-93761-169-7.

CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Nguyen Van Niem, Do Duc Nguyen, Vera Pakhomova, Gvozdev Vitalii, Maksim Blokhin, Mai Trong Tu, Nguyen Minh Long, Doan Thi Ngoc Huyen, Bui Minh Tam, Bui Huu Viet, Pham Hung Thanh, Pham Thi Nhung Ly. “The component of primary inclusions in Ngoc Tu granite block and implications for metallogenic hydrothermal systems”. *International Symposium on the 35th Anniversary of collaboration between the Institute of Geological Sciences, VAST and the Institute of Geology and Mineralogy, SB-RAS: 187-198, 2019. Vietnam.*
2. Đỗ Đức Nguyên, Nguyễn Văn Niệm, Phạm Hùng Thanh, Dương Công Hiếu, Bùi Trọng Tấn, Hoàng Thị Thùy Linh, Đinh Công Tiến, Hoàng Thị Thoa. “Đặc tính môi trường oxy hóa - khử của granitoid khối Ngọc Tụ và tính chuyên hóa địa hóa của chúng”. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, Tập 62-kỳ 1-2021, tr. 53-62. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.*
3. Đỗ Đức Nguyên, Nguyễn Văn Niệm, Đinh Công Tiến, Hoàng Thị Thoa. “Đặc điểm thạch địa hóa và khoáng hóa liên quan các đá granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum”. *Hội nghị khoa học toàn quốc “Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững” - ERSD 2020; Tiểu ban Tài nguyên địa chất và phát triển bền vững, tr. 83-98, 2020. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.*
4. Đỗ Đức Nguyên, Nguyễn Văn Niệm, Bùi Trọng Tấn, Đinh Công Tiến, Hồ Thị Thư. “Nghiên cứu tiềm năng sinh khoáng của granitoid khối Ngọc Tụ, Kon Tum”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ, Tập 17, số 2-2020, tr. 181-194. Trường đại học Khoa học, Đại học Huế*
5. Nguyen Do Duc, Niem Nguyen Van, Tan Bui Trong, Linh Hoang Thi Thuy, Phuc Duong Van. “Characteristics of hydrothermal changes related to the potential of granitoid mineralization of Ngoc Tu block, Dak To, Kon Tum, Vietnam”. *GEOSEA XVI and GeoCon 2021, Geological Society of the Philippines, Poster- GEO-2018-003-009. Philippines.*

PHỤ LỤC

Các phụ lục kết quả phân tích mẫu

Phụ lục bảng 1: Thành phần hóa học nhóm nguyên tố chính (%tl) đá granitoid khối Ngọc Tụ (Nguyễn Quang Lộc, 1998)

TT	Số hiệu mẫu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂
1	8070	75,62	14,12	0,36	0,33	0,5	2,55	5,6	0,35	0,01	0,04	0,09
2	8072	75,44	13,65		1,05	0,24	1,76	4,9	0,13	0,04	0,04	0,11
3	8079	73,62	13,48	1,21	0,64	0,84	2,75	4,55	0,48	0,05	0,09	0,27
4	8081	71,78	14,06	1,15	0,93	1,41	2,93	5,18	0,52	0,07	0,07	0,3
5	8092	72,84	13,92	1,08	1,91	0,63	2,75	4,73	0,17	0,05	0,13	0,33
6	8273	73,5	13,78	1,2	0,62	1,16	2,68	4,73	0,08	0,04	0,15	0,31
7	8278	74,3	13,63	1,08	0,55	1,04	2,68	4,55		0,05	0,16	0,31
8	9097	74,46	13,64	1,32	0,16	1,16	2,68	4,73	0,25	0,04	0,14	0,29
9	9279	73,44	14,05	0,61	0,9	1,59	2,48	5,48	0,26	0,02	0,12	0,28
10	9280	72,76	14,26	0,42	1,08	1,7	2,33	5,15	0,17	0,04	0,11	0,31
11	9393	72,26	14,56	1,15	0,66	1,38	2,75	5,83	0,52	0,03	0,05	0,3
12	459	69,48	15,03	1,06	1,25	1,28	2,62	5,57	0,71	0,05	0,09	0,58
13	8071	73,42	12,88	1,08	1,03	1,27	2,68	5,03	0,55	0,03	0,15	0,31
14	8075	72,76	14,24	1,46	0,73	1,91	3,03	4,8	0,29	0,06	0,03	0,22

Phụ lục bảng 2: Thành phần hóa học nhóm nguyên tố chính (%t) đá granitoid khối Ngọc Tú (Đỗ Đức Nguyên, 2018)

TT	SHM	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	DH 2105/1	69,1	0,2	13,94	0,16	1,16	0,05	0,42	0,94	2,85	5,15	0,14
2	DH 2107	74,02	0,14	6,81	0,9	1,59	0,02	0,29	0,23	0,61	2,42	0,07
3	DH 2107/2	72,82	0,1	4,15	0,66	1,38	0,02	0,25	0,51	0,23	1,26	0,03
4	DH 2107/3	71,62	0,23	13,5	1,05	0,24	0,05	0,42	0,62	2,56	5,3	0,09
5	DH 2109	70,44	0,07	12,98	0,64	0,84	0,02	0,12	0,43	2,87	5,31	0,07
6	DH 2109/1	69,78	0,09	13,11	1,91	0,63	0,03	0,16	0,32	3,17	4,76	0,05
7	DH 2109/2	71,84	0,24	13,71	0,62	1,16	0,05	0,43	0,78	2,88	5,05	0,12
8	DH 2109-KT	71,62	0,08	12,67	0,93	1,41	0,02	0,11	0,32	2,83	5,19	0,06
9	DH 2110/5	72,5	0,19	12,39	0,66	1,38	0,08	0,36	0,82	2,58	4,25	0,13
10	DH 2302/1	71,3	0,01	14,3	0,16	1,16	0,01	0,03	0,05	0,42	9,77	0,06
11	DH 2305/3b	70,46	0,07	12,67	0,9	1,59	0,02	0,07	0,81	3,36	4,57	0,03
12	DH 2325	73,44	0,21	14,56	1,08	1,7	0,05	0,42	0,72	2,82	5,34	0,16
13	DH 2331	72,76	0,23	13,73	0,66	1,38	0,04	0,34	0,95	2,77	5,49	0,08
14	DH 2334	72,26	0,18	13,79	1,25	1,28	0,05	0,34	0,86	2,76	5,12	0,16
15	DH 2336	72,48	0,17	14,12	1,03	1,27	0,04	0,34	0,58	2,8	4,95	0,17
16	DH 2341	72,76	0,22	11,95	1,05	0,24	0,01	0,37	0,03	0,08	3,63	0,04
17	DH 2345	72,84	0,22	13,56	0,64	0,84	0,04	0,38	0,91	2,98	4,9	0,14
18	DH 2348	73,42	0,21	14,08	0,73	1,91	0,04	0,37	0,78	2,7	5,2	0,14
19	DH 2404	73,5	0,21	12,4	0,93	1,41	0,04	0,34	0,36	2,38	5,52	0,09
20	DH 2405	72,3	0,22	13,73	1,91	0,63	0,04	0,34	0,84	2,69	5,72	0,1
21	DH 2416	71,46	0,22	13,7	0,62	1,16	0,04	0,38	1,12	2,68	5,22	0,09
22	DH 2423	74,44	0,23	13,7	0,55	1,04	0,05	0,39	1	2,56	5,53	0,1
23	DH 2439	72,76	0,22	13,62	0,16	1,16	0,05	0,38	0,99	2,69	5,11	0,1
24	DH 2446	72,26	0,28	13,81	0,9	1,59	0,06	0,48	1,28	2,96	4,62	0,11
25	DH 2462	71,2	0,16	13,38	1,08	1,7	0,05	0,27	0,61	3,04	4,99	0,08

26	DH 2463	73,42	0,08	13,17	0,66	1,38	0,03	0,11	0,42	3,25	4,7	0,09
27	DH 2381	75	0,29	10,8	1,5	1,1	1,47	2,66	4,44	0,3	0,04	0,01
28	DH 2382	74,76	0,3	12,04	1,04	0,5	1,96	5	2,8	0,26	0,06	0,02
29	DH 2385	73,56	0,33	12,83	1,23	0,97	2,12	2,64	5,24	0,46	0,02	0,01
30	DH 2387	75,2	0,3	12,4	0,85	0,56	1,99	5,3	2,8	0,38	0,06	0,01
31	DH 2389	73,46	0,33	11,41	1,77	0,92	2	2,66	4,85	0,65	0,04	0,02
32	DH 2390	72,48	0	15,07	0,47	0,62	1,2	5,16	4,2	0,08	0,09	0,02
33	DH 2395	72,33	0,18	13,79	0,64	1,27	1,25	2,66	5,03	0,36	0,05	0,15
34	DH 2396	71,41	0,16	13,42	0,63	1,18	1,71	3,05	4,5	0,24	0,06	0,08

Phụ lục bảng 3: Thành phần hóa học nhóm nguyên tố (ppm) đá granitoid khối Ngọc Tú (Nguyễn Văn Niệm, 2017)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nguyên tố	DH2105/1	DH2107	DH2107/2	DH2107/3	DH2109	DH2109KT	DH2109/1	DH2109/2	DH2110/5	DH2302/1	DH2305/3b	DH2325	DH2331
Li	81,33	15,76	15,16	24,12	30,81	35,03	25,12	45,23	84,01	7,64	18,81	105,18	32,49
Be	6,41	2,32	151,64	5,52	6,2	7,87	3,45	5,47	5,92	1,25	3,67	4,19	4,99
Sc	3,9	4,6	5,6	5,3	2,1	2,1	2,3	5,1	4,8	3,2	2,12	4,5	4,4
V	14,21	16	11,49	20,2	4,67	7,79	7,93	18,25	17,78	1,78	4,89	19,14	18,8
Cr	95,33	81,03	141,83	76,83	80,58	94,13	68,08	52,78	62,28	39,61	60,38	79,43	70,58
Co	3,17	1,37	3,56	3,38	1,35	0,97	1,63	3,43	3,76	3,06	1,09	2,36	2,69
Ni	7,07	6,69	7,1	8,87	17,18	9,39	8,72	6,86	7,13	6,31	5,71	7,14	6,78
Cu	5,6	36,3	59,6	15,5	21,8	28,1	31,1	9,9	362,8	6,1	8	2,1	4,3
Zn	39,5	17,4	18	34,9	9,7	13,4	18,1	23,9	82	8,1	11,5	42,5	31,2
Ga	18,6	16,04	11,67	17,37	15,51	19,81	16,22	17,42	16,73	10,49	14,42	20,91	16,02
Ge	2,68	2,14	2,11	2,73	2 10	2,22	2,15	3,25	3,01	2,71	2,29	3,02	2,92
As	1,15	11,04	2,57	2,76	2,73	1,37	111	1,46	1,13	0,83	0,94	1,34	2,72
Rb	360,61	296,15	179,64	380,65	417,88	416,49	399,28	362,65	377,59	390,88	336,6	428,47	352,81
Sr	65,77	14,93	29,07	69,77	29,84	38,45	35,37	79,09	50,94	56,69	10,86	67,87	86,44
Y	23,57	10,92	12,73	35,62	16,32	18,51	20,18	27,9	22,59	7,39	37,54	23,77	26,09

Zr	130,98	51,82	32,9	140,63	36,33	53,33	39,05	127,62	96,52	11,91	32,32	139,12	163,57
Nb	16,81	14,58	20,1	18,17	9,95	14,12	12,62	17,03	16,42	2,37	8,61	22,61	17,56
Mo	9,41	3,3	4,31	5,34	11,1	9,89	3,2	1,64	14,27	0,46	5,5	0,97	1,1
Cd	0,049	0,059	0,576	0,047	0,033	0,03	0,029	0,056	0,39	0,027	0,054	0,037	0,032
Sn	7,38	3,83	29,01	9,86	5,44	6,13	9,29	8,74	9,73	1,61	6,11	12,29	6,5
Cs	18,05	22,63	13,03	14,56	25,09	30,33	25,11	22,84	34,85	27,27	13,33	29,7	16,04
Ba	242,78	117,89	68	302,43	62,83	64,43	68,83	310,09	291,04	312,74	9,28	360,39	538,59
La	30,26	12,39	8,05	40,65	9,07	8,97	12,05	36,43	27,97	8,83	9,92	41,26	42,16
Ce	63,63	24,97	17,32	81,98	16,78	16,63	22,88	74,59	59,79	4,65	22,93	87,39	81,09
Pr	7,64	3	2,19	9,78	1,99	2,18	2,99	8,69	6,83	1,49	2,84	10,33	9,88
Nd	24,32	9,79	7,62	33,24	7,37	8,4	9,33	30,64	23,38	4,13	10,68	33,58	32,24
Sm	5,45	1,95	1,76	6,96	1,9	1,84	2,51	6,25	4,98	0,95	3,27	7,98	7,19
Eu	0,48	0,15	0,13	0,62	0,19	0,15	0,19	0,64	0,51	0,35	0,14	0,57	0,65
Gd	4,75	1,93	1,69	5,41	1,68	1,57	2,63	5,79	4,63	0,89	3,71	5,75	4,87
Tb	0,64	0,3	0,31	0,96	0,33	0,32	0,55	0,89	0,66	0,2	0,78	0,82	0,82
Py	3,8	1,63	1,92	5,46	2,22	1,97	3,07	5,5	4,9	1,39	5,93	5,05	4,77
Ho	0,62	0,38	0,37	1,11	0,45	0,38	0,67	1,12	0,81	0,29	1,39	0,81	0,77
Er	1,95	1,38	1,15	2,65	1,36	1,16	1,97	2,95	2,49	96	4,23	2,66	2,55
Tm	0,23	0,18	0,13	0,48	0,18	0,18	0,31	0,41	0,36	0,18	0,63	0,29	0,35
Yb	1,79	0,91	0,99	2,28	1,31	1,13	2,21	3,06	2,35	1,22	4,24	1,89	2,24
Lu	0,12	0,13	0,16	0,45	0,2	0,16	0,28	0,41	0,37	0,21	0,71	0,26	0,35
Hf	2,75	1,74	0,56	3,46	1,43	1,33	1,71	3,95	2,79	1	1,45	4,4	4,25
Ta	1,85	2,41	2,16	2,69	1,91	1,27	2,66	3,69	4,35	1,69	1,46	3,18	2,21
W	5,85	7,82	5,9	6,51	6,77	2,76	15,78	5,41	7,22	1,2	8,9	5,63	2,59
Re	0,006	0,013	0,063	0,007	0,005	0,009	0,009	0,01	0,013	0,011	0,014	0,006	0,014
Tl	2,51	1,59	0,65	2,79	2,98	3,16	2,8	2,51	2,69	2,57	2,28	3,05	2,67
Pb	45,23	92,68	169,78	55,26	55,39	59,31	44,76	38,92	64,97	89,27	55,7	46,63	35,4
Th	32,08	14,95	10,08	36,6	10,79	11,87	13,51	40,36	31,91	6,21	18,17	33,97	40,7
U	4,44	7,63	8,35	17,87	16,58	14,36	18,21	8,2	12,67	1,38	17,11	4,91	6,9

Phụ lục bảng 3 (tiếp)

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Nguyên tố	DH2334	DH233 6	DH2348	DH2341	DH234 5	DH2404	DH2405	DH2416	DH2423	DH2439	DH2446	DH246 2	DH246 3
Li	130,81	67,03	49,81	22,9	55,52	18,38	57,29	82,8	73,57	58,46	134,12	29,1	30,97
Be	4,23	7,92	5,46	4,03	4 18	3,59	4,86	5,1	3,57	8,29	11,16	6,99	15,15
Sc	4	3,7	4	4,7	4,5	4,7	4,7	4,9	4,7	4,8	5,4	3,9	2,23
V	13,82	11,93	16,91	20,71	17,78	20,42	20,63	22,06	21,26	21,87	26,55	16,83	5,3
Cr	71,88	43,81	73,48	47,51	81,28	59,02	59,27	61,37	56,72	48,27	64,92	62,57	117,12
Co	2,88	222	3,16	1,3	3,48	3,07	3,42	3,55	3,45	3,16	4,64	2,47	0,85
Ni	6,91	6 03	5,15	5,46	4,77	5,33	11,05	4,67	5,08	4,47	29,84	56,75	30,43
Cu	2,7	2,62	2,34	5,7	6,4	400	4,8	3,3	3,7	20,5	3,1	34,4	6,8
Zn	42,2	29,2	33,8	13,2	37,7	29,1	28,7	32,6	38,1	39,6	38,7	32,7	15
Ga	17,96	18,17	18,73	17,17	18 97	17,66	17,47	17,89	18,08	18,65	18,33	19,46	16,95
Ge	2,92	2,85	3,91	3 13	3,07	2,77	2,82	3 15	2,96	3,14	2,95	2,75	2,37
As	1,33	1,2	1,43	3,21	1,25	1,88	1,33	1,22	1,09	0,98	1,1	0,79	2,39
Rb	446,43	430,66	369,57	345,68	350,57	405,82	403,71	381 17 1	409,45	389,43	387.71	403,48	442,14
Sr	49,44	43,21	62,84	6,89	72,59	44,22	7261	77,21	76,76	67,96	74,36	55,26	18 77
Y	21,7	20,33	64,22	31,23	52,72	32 37	26,28	30,89	30,21	30,86	29,14	26,63	9,86
Zr	121,42	91,97	134,17	136,17	137,62	136 03	133,73	146,38	147,53	132 _h 08	140 58	89,38	29,81
Nb	17,76	20,15	17,34	16,29	21,68	15 11	15,34	17,41	16,71	17,62	1728	18,45	17,87
Mo	1,2	0,83	0,7	1,62	1,52	7,73	0,83	0,95	1,39	0,65	0,45	1.27	2,84
Cd	0,041	0,037	0,09	0,042	0,045	0,048	0,044	0,036	0,05	0,043	0,034	0,041	0,025
Sn	10,89	7,56	7,17	7,25	8,75	5,85	6,5	7,76	7,84	10,14	9,05	8	5,07
Cs	33,59	26,35	13,21	15,43	16,95	16,93	16,85	26,5	27,51	26,85	37,27	17,96	27,68
Ba	261,34	200,54	285,64	119,34	329,19	386,15	379,05	387,2	394,2	310,4	312,7	226,25	29,26
La	27,66	27,12	41,79	82,36	41,1	41,5	40,18	46,99	45,03	42,32	34,46	27,25	5,58

Ce	56,64	51,64	77,89	59,44	83,99	83,95	83,8	95,6	91,65	89,5	72,75	56,05	11,55
Pr	7,46	6,96	11,91	17,21	10,68	10,92	9,45	11,13	11,13	10,76	8,65	6,75	1,57
Nd	24,24	23,33	48,99	49,34	37,84	39,76	31,04	36,08	35,91	34,91	31,51	24,16	6,68
Sm	5,8	4,82	12,56	10,57	8,79	8,25	6,36	8,2	7,72	7,4	6,71	5,73	1,51
Eu	0,49	0,5	1,48	0,84	0,87	0,59	0,6	0,58	0,66	0,61	0,61	0,51	0,12
Gd	5,04	4,67	14,7	7,8	8,93	6,58	5,51	5,76	6,25	6,13	5,58	4,65	1,26
Tb	0,7	0,7	2,28	1,18	1,5	1,13	0,88	0,87	0,8	0,88	0,95	0,83	0,24
Py	4,05	3,5	11,31	6,35	7,4	5,54	4,65	5,64	5,98	5,31	5,26	5,1	1,56
Ho	0,69	0,72	1,93	0,88	1,54	1:19	0,89	0,9	0,92	1,16	0,85	0,95	0,32
Er	1,97	2,04	4,92	3,18	4,69	3,6	2,62	3,4	2,85	3,48	2,65	2,96	1,04
Tm	0,28	0,38	0,61	0,36	0,62	0,43	0,43	0,28	0,37	0,45	0,46	0,35	0,13
Yb	1,31	1,5	3,15	2,42	3,48	2,75	2,4	2,63	2,55	2,43	2,39	2,81	0,97
Lu	0,31	0,27	0,5	0,33	0,52	0,39	0,3	0,36	0,38	0,39	0,41	0,34	0,14
Hf	3,26	2,46	3,6	3,19	3,31	3,93	3,66	3,62	4,16	3,85	3,72	2,44	1,28
Ta	2,82	4,1	2,11	1,72	3,8	2,11	2,39	3,2	2,41	2,43	3,29	3,95	4,53
W	6,66	4,15	0,9	10,71	3,9	2,08	1,72	2,22	4,58	3,86	4,51	18,5	11,75
Re	0,017	0,017	0,017	0,019	0,018	0,018	0,006	0,018	0,017	0,019	0,015	0,017	0,015
Tl	3,21	2,91	2,55	2,21	2,48	3,12	2,66	2,59	2,7	2,68	2,68	2,77	3,02
Pb	39,94	44,74	46,22	76,7	43,45	40,69	46,04	45,34	48,51	46,84	44,83	46,76	37,42
Th	29,21	27,93	37,05	47,02	39,15	43,73	42,54	52,35	44,18	46,45	35,36	30,17	9,35
U	12,52	17,49	11,58	8,07	18,97	13,96	11,03	7,2	7,58	10,48	6,83	13,24	10,79

Phụ lục bảng 3 (tiếp)

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Nguyên tố	DH 2380	DH 2381	DH 2382	DH 2383	DH 2384	DH 2385	DH 2386	DH 2387	DH 2388	DH 2389	DH 2390	DH 2391	DH 2392	DH 2393	DH 2394	DH 2395	DH 2396	DH 2397	DH 2398	DH 2399
Li	37,08	32,78	35,28	30,28	28,58	29,58	32,08	35,08	70,00	37,58	39,58	37,88	39,98	40,48	39,18	38,88	40,98	39,28	34,98	37,48
Be	4,77	3,47	3,97	2,67	2,37	4,47	4,97	3,67	3,37	2,07	1,77	3,87	4,37	3,07	2,77	3,27	1,97	2,47	1,17	0,87
Sc	3,85	2,55	3,05	1,75	1,45	3,55	4,05	2,75	2,45	1,15	0,85	2,95	3,45	2,15	1,85	2,35	4,45	4,95	3,65	3,35
V	11,89	10,59	11,09	9,79	9,49	11,59	12,09	10,79	10,49	9,19	8,89	10,99	11,49	10,19	9,89	10,39	9,09	9,59	8,29	7,99
Cr	74,68	70,38	72,88	67,88	66,18	61,88	64,38	59,38	57,68	53,38	55,88	50,88	59,88	54,88	53,18	48,88	47,18	42,88	45,38	40,38
Co	2,45	1,15	1,65	0,35	0,05	2,15	2,65	1,35	1,05	3,15	3,65	2,35	2,05	0,75	0,45	2,55	3,05	1,75	1,45	1,15
Ni	8,07	6,77	7,27	5,97	5,67	7,77	8,27	6,97	6,67	5,37	5,07	7,17	7,67	6,37	6,07	6,57	5,27	5,77	4,47	4,17
Cu	13,25	11,95	12,45	11,15	10,85	12,95	13,45	12,15	11,85	10,55	10,25	12,35	12,85	11,55	11,25	11,75	10,45	10,95	9,65	9,35
Zn	23,65	22,35	22,85	21,55	21,25	19,95	20,45	19,15	18,85	17,55	18,05	16,75	16,45	15,15	15,65	14,35	13,05	13,55	12,25	11,95
Ga	16,25	14,95	15,45	14,15	13,85	15,95	16,45	15,15	14,85	13,55	13,25	15,35	15,85	14,55	14,25	14,75	13,45	13,95	12,65	12,35
Ge	2,60	1,30	1,80	0,50	0,20	2,30	2,80	1,50	1,20	2,50	2,20	4,30	4,80	3,50	3,20	3,70	2,40	2,90	1,60	1,30
As	2,50	1,20	1,70	0,40	0,10	2,20	2,70	1,40	1,10	2,40	2,10	4,20	4,70	3,40	3,10	3,60	2,30	2,80	1,50	1,20
Rb	361,52	321,22	341,72	291,72	281,02	251,02	242,72	263,22	303,22	292,52	262,52	254,22	274,72	314,72	304,02	324,52	274,52	263,82	233,82	225,52
Sr	61,15	56,85	59,35	54,35	52,65	48,35	50,85	45,85	44,15	39,85	42,35	37,35	46,35	41,35	37,05	39,55	34,55	32,85	28,55	23,55
Y	21,78	34,78	43,78	26,78	37,78	28,78	37,78	24,78	17,78	16,48	11,48	30,48	30,98	29,68	29,38	29,88	28,58	29,08	27,78	27,48
Zr	62,43	58,13	87,63	72,63	55,63	12,63	37,63	82,63	65,63	68,13	45,13	43,43	64,43	64,93	51,93	28,93	49,93	30,93	26,63	29,13
Nb	15,72	14,42	14,92	13,62	13,32	12,02	12,52	11,22	10,92	9,62	10,12	8,82	8,52	7,22	7,72	6,42	5,12	5,62	4,32	4,02
Mo	3,15	1,85	2,35	1,05	0,75	2,85	3,35	2,05	1,75	0,45	0,15	2,25	2,75	1,45	1,15	1,65	0,35	0,85	1,48	1,18
Cd	0,11	0,08	0,58	0,57	0,27	2,37	2,87	1,57	1,27	2,57	2,27	4,37	4,87	3,57	3,27	3,77	2,47	2,97	1,67	1,37
Sn	11,69	10,39	10,89	9,59	9,29	11,39	11,89	10,59	10,29	8,99	8,69	10,79	11,29	9,99	9,69	10,19	8,89	9,39	8,09	7,79
Cs	22,53	21,23	21,73	20,43	20,13	22,23	22,73	21,43	21,13	19,83	19,53	21,63	22,13	20,83	20,53	21,03	19,73	20,23	18,93	18,63

Ba	336,87	332,57	335,07	330,07	328,37	324,07	326,57	321,57	319,87	322,37	317,37	315,67	317,77	318,27	316,97	316,67	318,77	317,07	312,77	315,27
La	22,15	20,85	21,35	20,05	19,75	21,85	22,35	21,05	20,75	19,45	19,15	21,25	21,75	20,45	20,15	20,65	19,35	19,85	18,55	18,25
Ce	57,69	53,39	55,89	50,89	49,19	44,89	47,39	42,39	40,69	36,39	38,89	33,89	42,89	37,89	36,19	36,69	35,39	35,89	34,59	34,29
Pr	5,37	4,07	4,57	3,27	2,97	5,07	5,57	4,27	3,97	2,67	2,37	4,47	4,97	3,67	3,37	3,87	2,57	3,07	1,77	1,47
Nd	18,06	16,76	17,26	15,96	15,66	17,76	18,26	16,96	16,66	15,36	15,06	17,16	17,66	16,36	16,06	16,56	15,26	15,76	14,46	14,16
Sm	4,08	2,78	3,28	1,98	1,68	3,78	4,28	2,98	2,68	1,38	1,08	3,18	3,68	2,38	2,08	2,58	1,28	1,78	0,48	0,18
Eu	0,37	0,34	0,84	0,83	0,53	2,63	3,13	1,83	1,53	2,83	2,53	4,63	5,13	3,83	3,53	4,03	2,73	3,23	1,93	1,63
Gd	3,48	2,18	2,68	1,38	1,08	3,18	3,68	2,38	2,08	0,78	0,48	2,58	3,08	1,78	1,48	1,98	0,68	1,18	2,48	2,18
Tb	0,58	0,55	1,05	1,04	0,74	2,84	3,34	2,04	1,74	3,04	2,74	4,84	5,34	4,04	3,74	4,24	2,94	3,44	2,14	1,84
Py	3,66	2,36	2,86	1,56	1,26	3,36	3,86	2,56	2,26	0,96	0,66	2,76	3,26	1,96	1,66	2,16	0,86	1,36	2,66	2,36
Ho	0,71	0,68	1,18	1,17	0,87	2,97	3,47	2,17	1,87	3,17	2,87	4,97	5,47	4,17	3,87	4,37	3,07	3,57	2,27	1,97
Er	9,42	8,12	8,62	7,32	7,02	9,12	9,62	8,32	8,02	6,72	6,42	8,52	9,02	7,72	7,42	7,92	6,62	7,12	5,82	5,52
Tm	0,30	0,27	0,77	0,76	0,46	2,56	3,06	1,76	1,46	2,76	2,46	4,56	5,06	3,76	3,46	3,96	2,66	3,16	1,86	1,56
Yb	1,97	1,94	2,44	2,43	2,13	4,23	4,73	3,43	3,13	4,43	4,13	6,23	6,73	5,43	5,13	5,63	4,33	4,83	3,53	3,23
Lu	0,29	0,26	0,76	0,75	0,45	2,55	3,05	1,75	1,45	2,75	2,45	4,55	5,05	3,75	3,45	3,95	2,65	3,15	1,85	1,55
Hf	2,37	1,07	1,57	0,27	2,37	2,87	1,57	1,27	3,27	5,37	5,87	4,57	5,87	7,97	8,47	7,17	6,87	6,57	5,27	4,97
Ta	2,43	1,13	1,63	0,33	0,03	2,13	2,63	1,33	1,20	0,90	3,00	3,50	2,20	1,90	1,60	2,10	0,80	1,30	1,93	1,63
W	7,28	5,98	6,48	5,18	4,88	6,98	7,48	6,18	5,88	4,58	4,28	6,38	6,88	5,58	5,28	5,78	4,48	4,98	3,68	3,38
Re	0,023	0,010	0,020	0,010	0,013	0,012	0,017	0,010	0,013	0,023	0,013	0,003	0,008	0,012	0,015	0,016	0,015	0,016	0,015	0,020
Tl	2,48	1,18	1,68	0,38	0,08	2,18	2,68	1,38	1,08	1,78	1,48	3,58	4,08	2,78	2,48	2,98	1,68	2,18	0,88	0,58
Pb	50,16	45,86	48,36	43,36	41,66	37,36	39,86	34,86	33,16	35,66	30,66	28,96	31,06	31,56	30,26	29,96	32,06	30,36	26,06	28,56
Th	18,10	16,80	19,30	17,90	16,20	18,50	21,00	19,70	22,20	20,50	18,80	14,50	17,00	19,30	21,80	20,50	23,00	21,30	19,60	15,30
U	12,21	10,91	13,41	9,71	8,01	5,61	6,71	5,41	7,91	6,21	4,51	2,08	2,71	5,01	7,51	6,21	8,71	7,01	5,31	1,01