



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Features of lead-zinc mineralization in the Phia Dam - Khuoi Man region

Phuong Nguyen ^{1,*}, Dong Phuong Nguyen ¹, Huong Thi Nguyen ³, Huong Thi Le ³, Dinh Van Do ²

¹ Faculty of Environment, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

² Viet Nam Office of Mineral Reserve Assessment, Hanoi, Vietnam

³ Mining and Geology Consulting & Technology deployment JSC, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15th June 2020

Revised 13th Sep. 2020

Accepted 31st Oct. 2020

Keywords:

Bac Kan,
Lead-zinc mineralization,
Phia Dam - Khuoi Man.

ABSTRACT

The paper introduces a number of new research results on the characteristics of lead - zinc ores in Phia Dam - Khuoi Man areas based on the application of traditional geological methods, combining the method of researching material composition and method statistical maths. In the study area, there are two forms of ore bodies with characteristics described as below: the first form consists of ore bodies developed along the stratabound bedding surface, are mainly distributed in either anticlinal structures (i.e. Phia Dam region) or cuesta (i.e. Khuoi Man region) and the second form consists of ore bodies in lodes, filled in cracks or zones of fracture along the northwest – southeast faults. Primary ore minerals are mainly galena, sphalerite, pyrite, chalcopyrite, etc. and gangue minerals are calcite, dolomite, and quartz. Ore structures are nests, veins, disseminated veins, banded, speckled, or sometimes breccia - like ones. The relevant and controlling factors of lead-zinc mineralization in Phia Dam - Khuoi Man region are the northwest - southeast fault system and the lithostratigraphy. Ores are of either mesothermal or epithermal deposits (temperatures varies from 162 to 308 degrees Celcius), with a specific symbiotic combination of quartz - sphalerite - galena - chalcopyrite.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: phuong_mdc@yahoo.com

DOI: 10.46326/JMES.2020.61(5).14



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Đặc điểm quặng hóa chì - kẽm khu vực Phía Đăm - Khuổi Mạn

Nguyễn Phương^{1*}, Nguyễn Phương Đông¹, Nguyễn Thị Hương³, Lê Thị Hương³
Đỗ Văn Định²

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Văn phòng Hội đồng đánh giá trữ lượng khoáng sản quốc gia, Việt Nam

³ Công ty CP Tư vấn triển khai công nghệ Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 15/6/2020

Sửa xong 13/9/2020

Chấp nhận đăng 31/10/2020

Từ khóa:

Bắc Kạn,
Khoáng sản chì - kẽm,
Phía Đăm - Khuổi Mạn.

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mới về đặc điểm quặng hóa chì - kẽm khu vực Phía Đăm - Khuổi Mạn trên cơ sở áp dụng phương pháp địa chất truyền thống, kết hợp phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất và phương pháp toán thống kê. Khu vực nghiên cứu tồn tại hai kiểu hình thái thân quặng: Kiểu thứ nhất, gồm các thân quặng phát triển theo mặt lớp dạng giả tầng, phân bố trong cấu trúc nếp lồi (khu Phía Đăm) hoặc dạng đơn nghiêng (khu Khuổi Mạn); kiểu thứ hai, gồm các thân quặng dạng mạch, lấp đầy các hệ thống khe nứt, đới dập vỡ phát triển dọc đứt gãy phương tây bắc - đông nam. Khoáng vật tạo quặng nguyên sinh chủ yếu là galena, sphalerit, pyrit, chalcopirit; khoáng vật phi quặng gồm calcit, dolomit, thạch anh. Quặng có cấu tạo dạng ổ, gân mạch, mạng mạch, mạch xâm tán, dải, đốm, đới chỗ dạng đám kết. Yếu tố liên quan và khống chế quặng hóa chì - kẽm trong khu vực Phía Đăm - Khuổi Mạn là hệ thống đứt gãy phương tây bắc - đông nam và yếu tố thạch địa tầng. Quặng có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến thấp (162 - 308°C), với tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng thạch anh - sphalerit - galena - chalcopirit.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Chì, kẽm là khoáng sản kim loại cơ bản, là nguyên liệu có ý nghĩa quan trọng trong phát triển kinh tế quốc dân. Nhu cầu về quặng chì - kẽm trên thế giới nói chung, ở nước ta nói riêng đang ngày một gia tăng. Đông Bắc Việt Nam được đánh giá là

vùng có tiềm năng lớn nhất về quặng chì - kẽm của nước ta. Vì vậy, trong giai đoạn 2000 - 2015, đã có nhiều công trình nghiên cứu về sinh khoáng và đánh giá triển vọng quặng chì - kẽm vùng đông bắc Việt Nam (Hoàng Văn Khoa, nnk, 2000; Đỗ Quốc Bình, 2005; Nguyễn Anh Tuấn, 2014); trong đó có khu vực Phía Đăm - Khuổi Mạn. Mặc dù khu vực Phía Đăm - Khuổi Mạn đã được đầu tư thăm dò từ năm 2017, nhưng đến thời điểm hiện tại vẫn chưa có công trình nào nghiên cứu chuyên sâu về đặc điểm quặng hóa và đánh giá tiềm năng tài nguyên Pb-Zn và khoáng sản đi kèm trong khu vực. Do đó,

* Tác giả liên hệ

E - mail: phuong_mdc@yahoo.com

DOI: 10.46326/JMES.2020.61(5).14

việc nghiên cứu nhằm đánh giá đầy đủ và toàn diện về đặc điểm quặng hóa, làm cơ sở khoa học cho việc đánh giá tiềm năng tài nguyên và định hướng công tác đánh giá, thăm dò quặng chì - kẽm và khoáng sản đi kèm; đặc biệt đối với các thân quặng chì - kẽm tồn tại dưới sâu trong khu vực là hết sức cần thiết. Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mới về đặc điểm quặng hóa và kết quả đánh giá trữ lượng, tài nguyên quặng chì - kẽm khu vực Phia Đăm - Khuổi Mạn, tỉnh Bắc Kạn. Bài báo nhằm công bố một số kết quả nghiên cứu mới đạt được trong quá trình thi công đề án thăm dò quặng chì - kẽm khu vực Phia Đăm - Khuổi Mạn từ năm 2017÷2020 do Công ty trách nhiệm hữu hạn Ngọc Linh đầu tư (Nguyễn Phương, 2020).

2. Khái quát về đặc điểm địa chất

Diện tích nghiên cứu nằm trong nếp lồi Phia Đăm, thuộc phần đông nam đới Lô Gâm (Mai Thế Truyền, 1997; Đỗ Quốc Bình, 2004; Nguyễn Phương, 2020). Tham gia vào cấu trúc địa chất khu mỏ có các thành tạo từ Paleozoi đến Đệ tứ, gồm hệ tầng Cốc Xô (D1cx22), hệ tầng Bản Páp (D1-2 bp) và hệ Đệ tứ không phân chia (Q).

Trong khu vực chưa phát hiện các thể magma xâm nhập. Hoạt động kiến tạo xảy ra khá mạnh mẽ. Khu vực Phia Đăm - Khuổi Mạn nằm gần chọn trong nếp lồi Phia Đăm, trục nếp lồi kéo dài phương tây bắc - đông nam, được cấu thành bởi các thành tạo carbonat thuộc tập 2, hệ tầng Cốc Xô (D1cx22) (Hình 2-a, 2-b). Nếp lồi bị phức tạp hóa bởi các nếp uốn bậc cao hoặc các nếp oằn. Trong khu vực đã xác lập được 3 hệ thống đứt gãy có phương khác nhau (Hình 1); trong đó, hệ thống đứt gãy phương tây bắc - đông nam (đứt gãy Bản Lìm - Phia Đăm và đứt gãy Lũng Thôm - Pắc Nặm) là cấu trúc thuận lợi khống chế và liên quan đến quá trình tạo quặng chì - kẽm trong khu vực.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp địa chất truyền thống, kết hợp thu thập, tổng hợp và xử lý tài liệu

- Thu thập, tổng hợp tài liệu, đánh giá độ tin cậy của các nguồn tài liệu thu thập được từ các nguồn tài liệu có trước.

- Lộ trình khảo sát địa chất, thu thập tài liệu ở các vết lộ tự nhiên, hào, khoan và lấy bổ sung một số mẫu phân tích (lát mỏng, khoáng tương).

3.2. Các phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất quặng

Để nghiên cứu thành phần vật chất quặng, ngoài tổng hợp tài liệu phân tích thành phần vật chất (thành phần khoáng vật, thành phần hóa học) trong các nghiên cứu trước, các tác giả đã lấy và phân tích bổ sung một số loại mẫu sau:

- Phân tích khoáng tương dưới kính hiển vi phân cực phản quang Carl Zeiss-Axio-ScopeA1, nguồn sáng halogen để xác định thành phần khoáng vật quặng, cấu tạo, kiến trúc quặng,...

- Phân tích mẫu lát mỏng dưới kính hiển vi phân cực truyền qua để xác định thành phần khoáng vật tạo đá, cấu tạo, kiến trúc của đá chứa quặng và đá ở vách, trụ thân quặng.

3.3. Phương pháp trong phòng

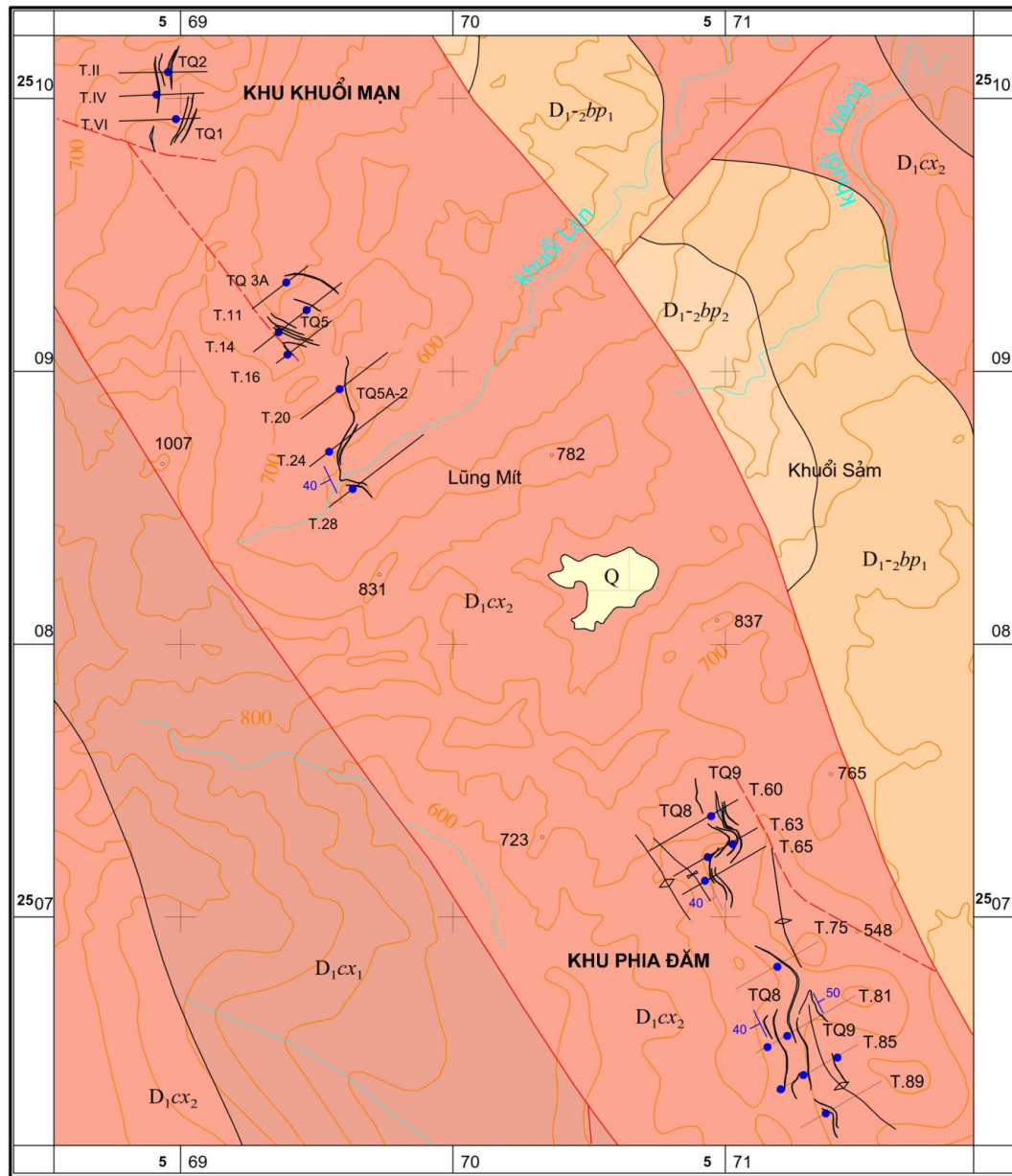
Để xử lý tài liệu phân tích, các tác giả sử dụng phương pháp toán thống kê một chiều và hai chiều.

- Phương pháp toán thống kê một chiều: Trong thực tế, do số liệu thu thập được thường rất nhiều và hỗn độn. Do đó, để có hình ảnh tổng quát về đối tượng nghiên cứu, số liệu thu thập phải được xử lý, tổng hợp, trình bày, tính toán nhằm đánh giá độ tin cậy và tính đại diện của các mẫu thu thập. Đồng thời cho phép khái quát hóa được đặc trưng tổng thể về đối tượng nghiên cứu. Mô hình thống kê một chiều cho phép mô tả quy luật phân bố thống kê và xác định giá trị trung bình, phương sai, hệ số biến thiên của thông số địa chất thân quặng nào đó. Ví dụ: Hàm lượng Pb, Zn, chiều dày của thân quặng hoặc đới khoáng hóa nhằm đảm bảo tính sát thực, hiệu quả và không chệch. Phương pháp xác định các giá trị đặc trưng thống kê (giá trị trung bình, phương sai, hệ số biến thiên) của tập mẫu nghiên cứu.

- Mô hình thống kê hai chiều: Sử dụng nhằm xác định mối quan hệ tương quan giữa các thông số địa chất thân quặng với nhau. Mối quan hệ tương quan giữa các thông số nghiên cứu (hàm lượng hoặc hàm lượng với chiều dày thân quặng) xác định theo công thức:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (1)$$

Trong đó: $x_i; y_i$ - Lần lượt là giá trị của nguyên tố (hoặc độ sâu phân bố - Z) x và y tại mẫu (điểm) thứ i; n - số mẫu (điểm) nghiên cứu.



CHỈ DẪN

Q	Hệ Đệ tứ không phân chia: sỏi, sạn, cát, sét... Đầy 0,5-5 m		Thân quặng chì kẽm		Đứt gãy xác định Đứt gãy dự đoán
D₁₋₂bp₂	Phân hệ tầng giữa: Đá vôi dolomit hoá, hoa hoá màu xám, xám sáng, phân lớp dày.		Lỗ khoan thăm dò		Tuyến thăm dò và số hiệu
D₁₋₂bp₁	Phân hệ tầng dưới: Đá vôi phân lớp mỏng màu xám đen xen lớp vôi sét.		Trục nếp lồi Trục nếp lõm		Thế nằm của quặng
D₁cx₂	Phân hệ tầng trên: đá vôi, đá vôi sét xen cát kết quazit cát bột kết đa khoáng đá phiến thạch anh có chứa quặng Pb-Zn		Sông suối		
HT, các xo	Phân hệ tầng dưới: đá phiến sét, đá vôi sét, đá phiến sét-sericit, cát, bột kết có các mạch thạch anh.		Đường đồng mức		

Hình 1. Sơ đồ địa chất khoáng sản khu vực Phia Đăm – Khuổi Mạn
(Thành lập dựa theo tài liệu của Mai Thế Truyền, 1997, có chỉnh sửa và bổ sung theo kết quả thi công đề án thăm dò, 2017 - 2020).

Nếu $r_{xy} > 0$ thì x và y có mối quan hệ tương quan thuận; $r_{xy} < 0$, giữa x và y có mối quan hệ tương quan nghịch; khi $|r_{xy}| = 0,7 - 1$, thì x và y có mối quan hệ rất chặt chẽ với nhau, ngược lại $|r_{xy}| \rightarrow 0$, thì giữa x và y được xem là không có mối quan hệ với nhau.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Đặc điểm quặng hóa chì - kẽm khu vực Phía Đầm - Khuổi Mạn

4.1.1. Đặc điểm hình thái - cấu trúc các thân quặng chì - kẽm

Các thân quặng chì - kẽm trong khu vực khá phức tạp và đa dạng. Hình thái thân quặng nguyên sinh và thân quặng thứ sinh có những đặc trưng riêng. Quặng thứ sinh phát triển hạn chế và ở phần nông, quặng nguyên sinh phát triển từ trên mặt đến độ sâu khác nhau; ngoài ra, trong khu vực nghiên cứu còn gặp thân quặng ẩn, sâu đã được phát hiện và ghi nhận trong các lỗ khoan thăm dò (LK.81.1, 85.2). Trong diện tích nghiên cứu đã xác định và khoanh nổi được hàng chục thân quặng công nghiệp, ký hiệu từ TQ1 đến TQ10; trong đó khu Phía Đầm có 05 thân quặng (ký hiệu từ TQ6 đến TQ10), khu Khuổi Mạn có 5 thân quặng (ký hiệu từ TQ1 đến TQ5) và một số thân quặng có quy mô nhỏ, hàm lượng thấp, không đạt chỉ tiêu công nghiệp. Kết quả nghiên cứu đã phân chia được 02 dạng quặng sau:

- Quặng nguyên sinh: Dạng mạch, mạch thấu kính và dạng vĩa, ít hơn là dạng bứơ, dạng ổ. Theo tài liệu địa vật lý và các lỗ khoan thăm dò (Nguyễn Phương, 2020), đã xác định ngoài các thân quặng lộ trên mặt, trong khu vực nghiên cứu

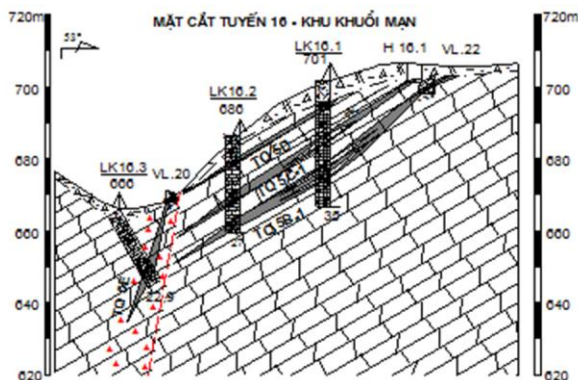
còn tồn tại các thân quặng ẩn, sâu cách bề mặt địa hình hiện tại từ 100÷150 m (Hình 3).

- Quặng thứ sinh: Thường phân bố ở phần lộ vĩa, hoặc lấp đầy các hang, phếu karst, quặng thứ sinh phân bố rất hạn chế trong khu vực nghiên cứu và chỉ có ý nghĩa khi khai thác cùng quặng gốc.

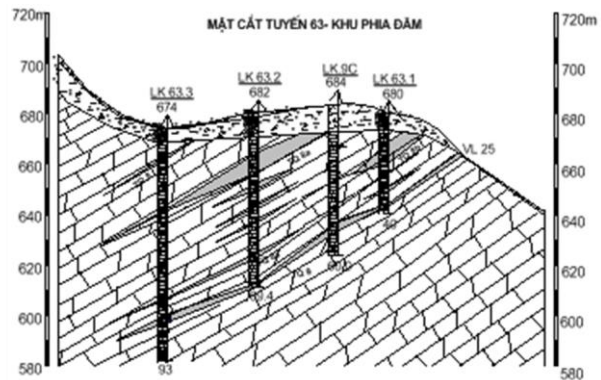
Căn cứ vào hình thái thân quặng và mối quan hệ giữa quặng với đá vây quanh có thể chia các thân quặng thành 2 kiểu hình thái - cấu trúc chính là thân quặng đới mạch, mạch thấu kính phân bố dạng giả tầng và thân quặng dạng mạch đơn lẻ xuyên cắt đá vây quanh.

- Kiểu thứ nhất: Bao gồm các thân quặng phát triển theo mặt lớp, dạng giả tầng, phân bố trong đá trầm tích carbonat bị dolomit hóa, thạch anh hóa, phân bố hai bên cánh của nếp lồi Phía Đầm (khu Phía Đầm, Hình 3), hoặc trong cấu trúc đơn nghiêng (khu Khuổi Mạn, Hình 2-a). Thân quặng cắm đơn nghiêng về phía tây, tây - tây nam, ít vị trí cắm về tây - tây bắc (bắc khu Khuổi Mạn), góc dốc thay đổi tùy thuộc vào thể nằm của lớp đá (tập đá) chứa quặng, phổ biến từ 20÷30° (khu Phía Đầm, Hình 2-b) đến 40÷60° (khu Khuổi Mạn, Hình 2-a). Trong khu vực Phía Đầm - Khuổi Mạn, các thân quặng dạng giả tầng thường có quy mô lớn. Chiều dày thân công nghiệp thay đổi từ 0,5÷0,6 m đến 2÷3 m, có nơi đến 5÷7 m, kéo dài hàng trăm mét theo đường phương (Hình 1) và 30÷40 m đến vài trăm mét theo hướng dốc (Hình 2 - b). Độ sâu tồn tại thân quặng cách bề mặt địa hình hiện tại từ 70÷100 m.

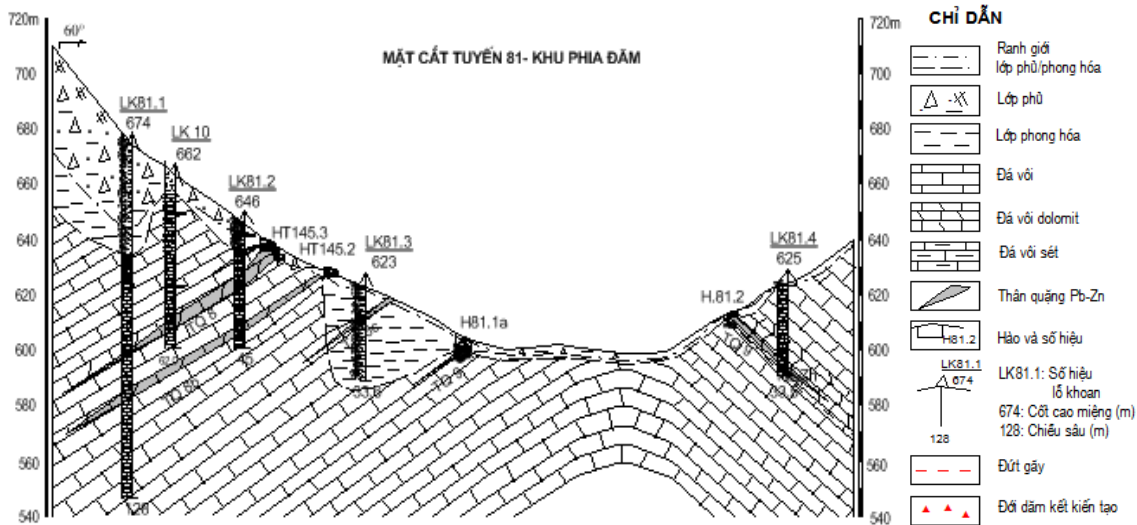
- Kiểu thứ hai: Gồm các thân quặng dạng mạch, mạng mạch xuyên cắt đá vây quanh, thường phát triển theo hệ thống khe nứt dọc các đứt gãy nhỏ, đới dập vỡ, phân bố chủ yếu ở khu Phía Đầm. Thân



Hình 2-a. Mặt cắt tuyến 16- khu Khuổi Mạn
(Nguyễn Phương, 2020).



Hình 2-b. Mặt cắt tuyến 63- khu Phía Đầm
(Nguyễn Phương, 2020).



Hình 3. Mặt cắt địa chất tuyến 81- khu Phia Đăm (Nguyễn Phương, 2020).

quặng cắm dốc ($65 \div 80^\circ$) và hướng cắm phụ thuộc hướng cắm của hệ thống khe nứt tách chứa quặng hoặc đới dập vỡ kiến tạo phát triển dọc đứt gãy, thân quặng cắm dốc (Hình 2-a). Trong khu vực nghiên cứu, các thân quặng thuộc kiểu hình thái - cấu trúc này thường có hàm lượng Pb + Zn khá cao, nhưng quy mô nhỏ. Chiều dày từ vài cm đến 0,5 m, ít khi trên 1,0 m, kéo dài theo đường phương khoảng từ $20 \div 30$ m đến $40 \div 50$ m (Hình 1).

Hai kiểu thân quặng trên thường gắn bó mật thiết với nhau; tuy nhiên, ưu thế về số lượng và quy mô là các thân quặng dạng giả tầng (kiểu thứ nhất). Tại một số vị trí ở khu Phia Đăm, gặp các thân quặng dạng mạch xuyên cắt đá vây quanh phát triển theo hệ thống khe nứt phát triển dọc các đứt gãy thường đi cùng với kiểu giả tầng, tạo thành thân quặng có hình dạng khá phức tạp.

4.1.2. Thành phần vật chất quặng

- Thành phần khoáng vật quặng: Trên cơ sở tổng hợp tài liệu có trước (Đỗ Quốc Bình, 2005; Nguyễn Văn Niệm, 2010; Nguyễn Anh Tuấn, 2014; Nguyễn Phương, 2020) và kết quả phân tích mẫu bổ sung, cho thấy trong khu vực khoáng vật quặng nguyên sinh chủ yếu là sphalerit, galena, pyrit, chalcopirit; khoáng vật thứ sinh có geothit, covelin, anglesit. Khoáng vật phi quặng chủ yếu là calcit, thạch anh, dolomit. Đặc điểm các khoáng vật như sau:

+ Các khoáng vật quặng nguyên sinh gồm:

Galena (PbS): Trong mẫu có hàm lượng khoảng $0,2 \div 40\%$. Galena tồn tại ở dạng hạt và tập

hợp hạt tha hình với kích thước hạt $0,01 \div 1$ mm. Chúng phân bố tập trung thành ổ nhỏ hoặc xâm tán thành đám hạt không đều trong nền đá. Đôi chỗ galena lấp đầy theo vi khe nứt trong pyrit hoặc trong đá tạo thành các vi mạch. Ở một vài vị trí quan sát rõ galena đang bị anglesit gặm mòn thay thế.

Pyrit (FeS_2): Trong mẫu hàm lượng đạt 20% trên toàn mặt mẫu mài láng chỉ quan sát thấy một vài vi hạt pyrit ở dạng hạt tha hình, nửa tự hình và tự hình với kích thước hạt $0,03 \div 1$ mm. Chúng phân bố xâm tán rải rác trong nền đá (Hình 9).

Tại một số mẫu bắt gặp một số hạt pyrit đã bị geothit thay thế gần như hoàn toàn, chỉ còn sót lại tàn dư của pyrit.

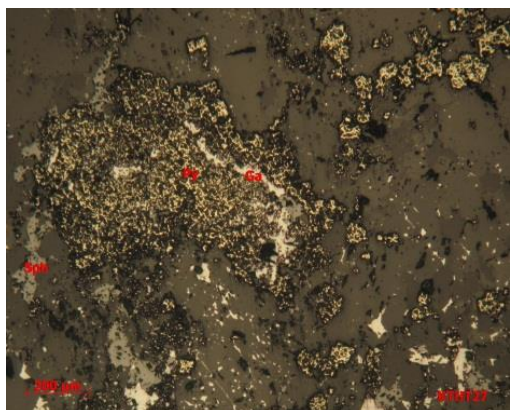
Sphalerit (ZnS): Có hàm lượng khoảng $0,2 \div 15\%$, chúng chủ yếu tồn tại dưới dạng hạt tha hình với kích thước hạt $0,05 \div 0,6$ mm, đôi khi có những hạt có kích thước 1 mm. Chúng xâm tán cùng pyrit, galenit hạt nhỏ trên nền phi quặng. Đôi chỗ sphalerit tạo thành vi mạch theo vi khe nứt của đá (Hình 10).

Chalcopirit (CuFeS_2): Gặp trong mẫu với hàm lượng không đáng kể đến khoảng 4%, chúng chủ yếu tồn tại dưới dạng các vi hạt tha hình xâm tán tán mạn trên nền phi quặng với kích thước hạt ($< 0,02 \div 0,4$) mm.

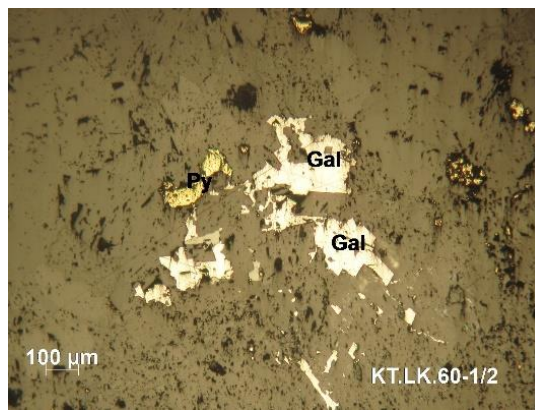
Pyrotin (FeS): Trong mẫu gặp vài vi hạt pyrotin tha hình xâm tán trong nền phi quặng cùng chalcopirit với kích thước hạt $< 0,1$ mm.

+ Các khoáng vật quặng thứ sinh:

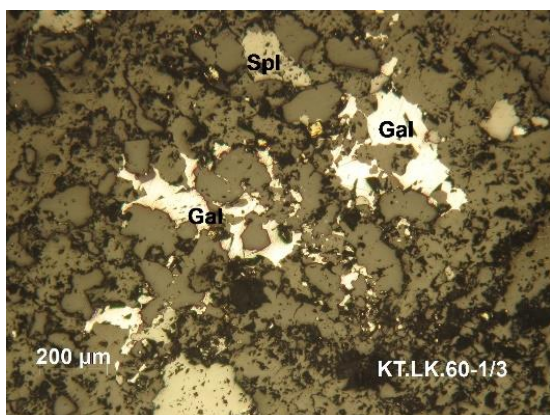
Covelin: Gặp trong mẫu với hàm lượng thấp, chúng là sản phẩm oxy hóa trực tiếp từ chalcopirit.



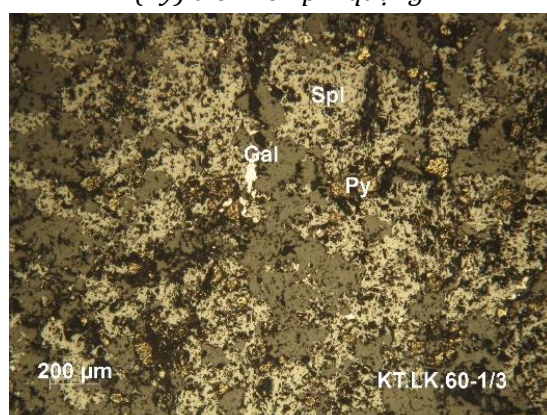
Hình 4. Mẫu KT.HT27: Galena (Ga) tạo vi mạch xuyên cắt pyrit (Py) và xâm tán trên nền đá.



Hình 5. Mẫu KT.LK60.1/2 (75m) Galenia (Gal) hạt tha hình, xâm tán thành đám hạt cùng pyrit (Py) trên nền phi quặng.



Hình 6. Mẫu KT.LK60.1/3(76m) Galena (Gal), Sphalerit (Spl), lấp đầy trong các khe nứt, lỗ hổng của đá.



Hình 7. Mẫu KT.LK16.3/1 (7,5m) Sphalerit (Spl) tạo ổ thay thế gắn kết khoáng vật tạo đá và pyrit (Py).

Covelin tồn tại ở dạng tập hợp vi tinh thay thế găm mòn từ vein rìa tạo riềm mỏng bao quanh một số hạt chalcopyrit. Goethit: Gặp trong mẫu với hàm lượng từ thấp đến khoảng 0,5%, chúng chủ yếu là sản phẩm oxy hóa từ pyrit. Goethit tồn tại ở dạng tập hợp keo hoặc vô định hình thay thế găm mòn, đôi khi thay thế hoàn toàn cho một số hạt pyrit tạo kiến trúc hạt giả hình. Một phần goethit lấp đầy một số vi lỗ hổng và vi khe nứt của đá tạo thành các ổ nhỏ, vi mạch phân bố không đều trong đá.

Anglesit: Gặp trong mẫu với hàm lượng thấp, chúng là sản phẩm thứ sinh của galena, thường tồn tại ở dạng tập hợp keo và keo phân đới thay thế hoàn toàn cho galena, đôi khi chúng tồn tại dưới dạng vành riềm bao quanh hoặc đôi khi giả hình theo một số hạt galena. Nhiều vị trí quan sát rõ anglesit thay thế giả hình cho nhiều hạt galena (Hình 11).

Ngoài các khoáng vật trên, trong các thân quặng chì - kẽm còn gặp barit, phân bố dạng ổ, vi mạch.

- Thành phần hóa học quặng:

Kết quả phân tích hóa cho thấy các nguyên tố tạo quặng chính là Zn, Pb, còn có một số nguyên tố có ích đi kèm. Khu Phia Đăm: Pb dao động từ 0,13% đến 23,23%, trung bình 3,26%, Zn dao động từ 0,18% đến 35,97%, trung bình 6,27%. Khu Khuổi Mạn: Pb dao động từ 0,05% đến 22,00%, trung bình 2,67%, Zn dao động từ 0,02% đến 27,12%, trung bình 2,13%. Hàm lượng Pb, Zn phân bố thuộc loại không đồng đều đến đặc biệt không đồng đều ($V_c = 98,3 \div 191,6\%$).

Tổng hợp kết quả phân tích ICP - MS cho thấy, ngoài nguyên tố chính là Pb, Zn; trong quặng còn có các nguyên tố đi kèm: As, S, Cu, Sb, Cd, Ag. Tuy nhiên, hàm lượng của chúng trong các mẫu hầu hết đều $< 0,01\%$ và phân bố thuộc loại không ổn định.

Bảng 1. Thứ tự sinh thành và tổ hợp cộng sinh khoáng vật quặng khu vực Phia Đăm - Khuổi Mạn.

Thời kỳ tạo khoáng	Nhiệt dịch			Biểu sinh
Giai đoạn tạo khoáng	I	II	III	IV
Tổ hợp cộng sinh khoáng vật	Thạch anh -pyrit	Thạch anh - sphalerit - galena – chalcopyrit	Thạch anh - Cacil	Geothit -covenlin - anglezit
Thạch anh				
Pyrit				
Sphalerit				
Galena				
Chalcopyrit				
Pyrotin				
Cacil				
Geothit				
Covelin				
Anglesit				
Các nguyên tố đặc trưng	S, Fe, Si, Ca	Pb, Zn, S, Fe, Si, Cu	Si, Ca	Fe, Pb, Cu
Cấu tạo quặng đặc trưng	Xâm tán	Xâm tán, mạch, gân mạch, ổ	Mạch, vi mạch lấp đầy	Keo, lỗ hổng, mạng mạch.
Kiến trúc quặng đặc trưng	Hạt tự hình	Hạt nửa tự hình, tự hình, tha hình	Hạt tha hình, hạt nửa tự hình	Giả hình, vành riềm, keo, ẩn tinh
Nhiệt độ thành tạo		162 - 308°C		
Biến đổi nhiệt dịch	Thạch anh hóa	Thạch anh hóa, dolomit hóa	Thạch anh hóa, Calcit hóa	
Ghi chú: Khoáng vật chủ yếu ——— ; Khoáng vật thứ yếu ——— ; Khoáng vật ít gặp				

Các nguyên tố đi kèm không có ý nghĩa, trừ Ag (40÷200 ppm, trung bình 170÷180 ppm) có khả năng thu hồi trong tinh quặng chì - kẽm (Nguyễn Anh Tuấn, 2014).

4.1.3. Cấu tạo và kiến trúc quặng

Quặng nguyên sinh có cấu tạo chủ yếu là dạng xâm tán, gân mạch, mạng mạch, ổ, dăm kết. Trong cấu tạo dạng mạch và mạng mạch lấp đầy, các mạch giàu galenit, sphalerit xen pyrit phân bố không đều trong đá vôi bị dolomit hóa. Cấu tạo gân mạch thường tạo thành hệ mạch lấp đầy khe nứt hoặc mặt tách lớp (Hình 4); cấu tạo dạng ổ, dạng dăm thường tạo thấu kính quặng gần đặc sít (Hình 5, 13). Cấu tạo dăm kết phát triển trong thân quặng liên quan đến đới dập vỡ; với cấu tạo xâm tán, mạch, các khoáng vật quặng nằm xâm tán (Hình 5) hoặc theo vi khe nứt (Hình 4, 6) phát triển trong đá vôi, đá vôi sét bị dolomit hóa, thạch

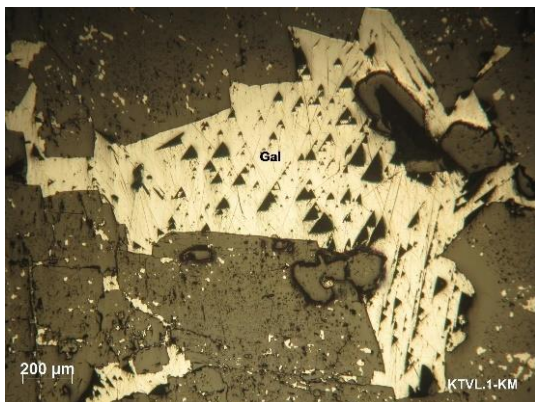
anh hóa hoặc tạo ổ (Hình 7, 12, 13). Kiến trúc phổ biến là hạt tha hình, nửa tự hình và hạt tha hình (Hình 5).

4.1.4. Giai đoạn thành tạo quặng hóa

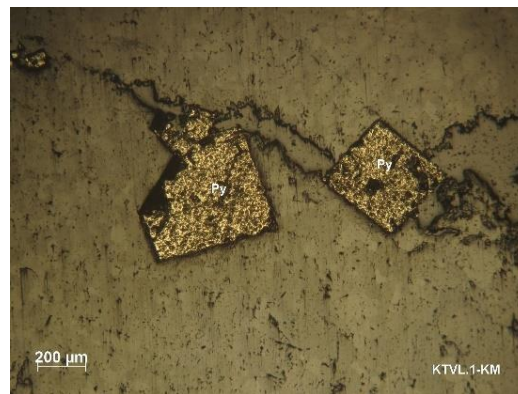
Tổng hợp kết quả phân tích mẫu khoáng tương, lát mỏng thạch học, hóa quặng từ các công trình trước (Phùng Quốc Trị, 2013; Nguyễn Anh Tuấn, 2014) và mẫu phân tích bổ sung, cho thấy quặng Pb-Zn khu vực nghiên cứu được thành tạo trong 2 thời kỳ với 4 giai đoạn tạo khoáng (Bảng 1).

- Giai đoạn I: Giai đoạn đầu của thời kỳ nhiệt dịch, thành tạo tổ hợp cộng sinh khoáng vật thạch anh - pyrit;

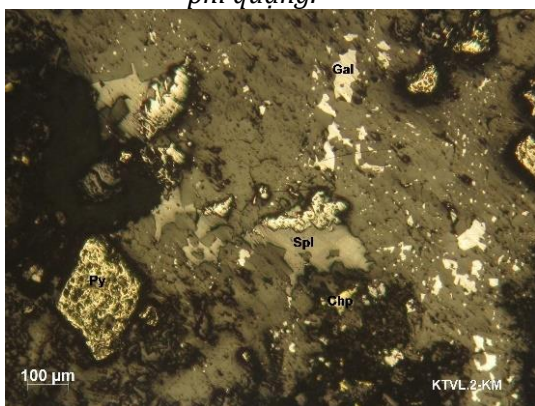
- Giai đoạn II: Giai đoạn tạo quặng sản phẩm, thành tạo tổ hợp cộng sinh khoáng vật thạch anh - sphalerit - galena-chalcopyrit;



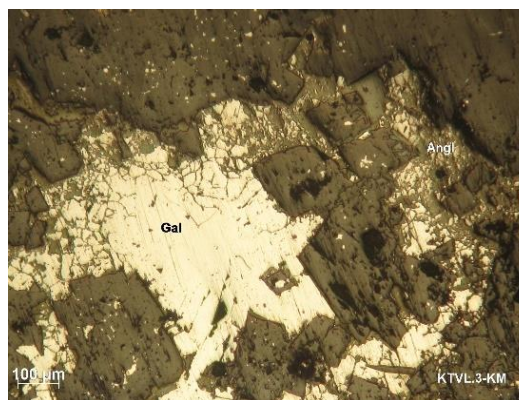
Hình 8. Mẫu KTVL.1-KM: Galena (gal) tập hợp hạt tha hình xâm tán tạo đám ổ trên nền phi quặng.



Hình 9. Mẫu KTVL.1-KM: Pyrit hạt tự hình, nửa tự hình xâm tán trên nền phi quặng.



Hình 10. Mẫu KTVL.2-KM: Pyrit, sphalerit, galena hạt tha hình, tự hình, xâm tán trên nền phi quặng.



Hình 11. Mẫu KTVL.3-KM: Galenit bị anglesit gập mòn thay thế tạo đám ổ trên nền phi quặng.



Hình 12. Mẫu lỗ khoan 28.1 (22,7m-23m): Quặng Pb- Zn cấu tạo dạng ổ, mạch xâm tán trong đá đolômit hóa, thạch anh hóa bị dập.



Hình 13. Mẫu lỗ khoan 24.1 (36,8m-37m): Quặng Pb-Zn có cấu tạo ổ, mạch đi cùng thạch anh xuyên cắt đá vôi đolômit hóa.

- Giai đoạn III: Thành tạo tổ hợp cộng sinh khoáng vật thạch anh – calcit kết thúc thời kỳ nhiệt dịch;

- Giai đoạn IV: Thuộc thời kỳ Biểu sinh, thành tạo tổ hợp cộng sinh khoáng vật goethit -covelin - anglesit.

4.1.5. Đặc điểm đá biến đổi cạnh mạch

Quặng chì - kẽm khu vực Phía Đầm - Khuổi Mạn tập trung trong tập 2 của hệ tầng Cốc Xô ($D_1cx_2^2$). Thành phần chủ yếu là đá carbonat xen các lớp sét vôi, vôi sét hoặc các thấu kính cát, bột kết màu

xám, xám đen, xám loang lổ. Đá có cấu tạo phân dải, phân lớp mỏng, phân phiến, cấu tạo lỗ hổng thứ sinh, kiến trúc hạt tự hình, nửa tự hình,... Đá chứa quặng là đá vôi hầu như bị biến đổi dolomit hóa, thạch anh hóa mạnh (Hình 14, 15, 16, 17).

- Hiện tượng dolomit hóa: Xảy ra mạnh mẽ trong đới đá vôi hạt nhỏ bị dập vỡ. Đới đá biến đổi có chiều rộng từ 200÷300 m, chiều sâu lớn hơn 160 m. Đá biến đổi dolomit hóa có màu nâu gụ, nâu đỏ, nâu nhạt, cấu tạo dạng loang lổ, kiến trúc hạt tự hình, nửa tự hình, hạt biến tinh, thay thế. Tùy thuộc vào mức độ biến đổi, hàm lượng dolomit thay đổi từ vài % đến 18% (Hình 8).

- Hiện tượng thạch anh hóa: Là quá trình biến đổi nhiệt dịch phổ biến nhất tạo nên các ổ, đám thạch anh thay thế dạng dải đi cùng các khoáng vật quặng, đôi chỗ xâm tán hoặc khảm trên nền calcit, dolomit. Thạch anh vi hạt tha hình, lăng trụ nửa tự hình, ít hơn ở dạng lăng trụ tự hình và thường chứa các bao thể. Quá trình thành tạo quặng chì - kẽm

luôn đi cùng với quá trình dolomit hóa, thạch anh hóa (Hình 11).

4.1.6. Đặc điểm phân bố thống kê và mối quan hệ tương quan giữa các nguyên tố tạo quặng

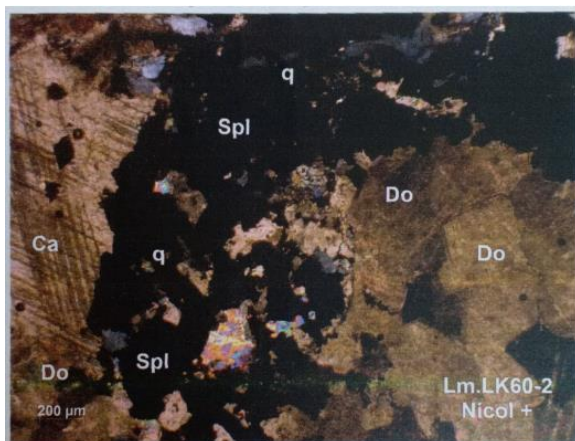
- Đặc trưng phân bố thống kê

Các đặc trưng phân bố thống kê hàm lượng các nguyên tố được xử lý bằng phần mềm Excel và kết quả tổng hợp ở Bảng 2. Từ Bảng 2 rút ra một số nhận xét sau:

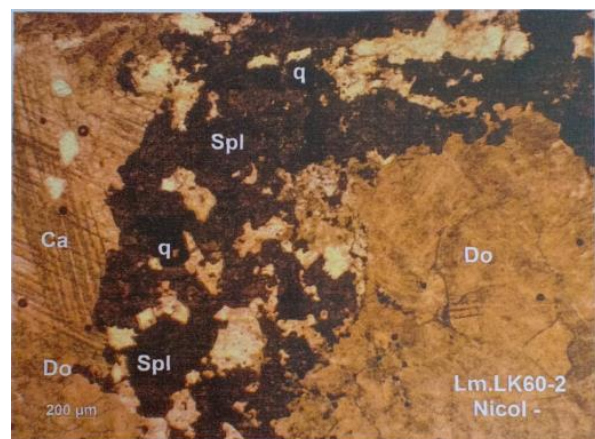
+ Hàm lượng trung bình của Pb, Zn và Pb+Zn khu Phia Đăm cao hơn 2 lần khu Khuổi Mạn và phân bố cũng ổn định hơn.

+ Hàm lượng Pb, Zn phân bố trong các thân quặng tuân theo mô hình phân bố thống kê log chuẩn và phân bố thuộc loại không đồng đều ($VC = 98,3\%$), hoặc rất không đồng đều ($107,3 \div 124,6\%$) đến đặc biệt không đồng đều ($Vc = 191,6\%$).

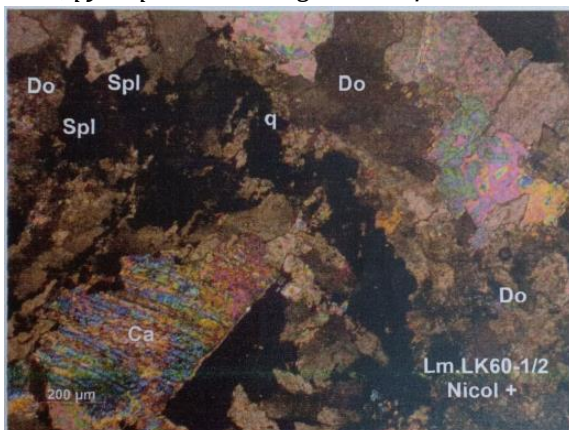
- Mối quan hệ tương quan giữa các nguyên tố và giữa chúng với độ sâu tồn tại quặng.



Hình 14. Mẫu Lm.LK60-2 (38,6 m) Sphalerit, galena, pyrit phân bố trong đá vôi bị dolomit hóa.



Hình 15. Mẫu Lm.LK60-2 (38,6 m) Sphalerit, galena pyrit phân bố trong đá vôi bị dolomit hóa.



Hình 16. Mẫu Lm.LK60-1/2; (76,8 m) Sphalerit, galena, pyrit phân bố trong đá vôi bị dolomit hóa.



Hình 17. Mẫu Lm.LK81-1 (83 m) Spalerit phân bố trong dolomit, thạch anh.

Hệ số tương quan cặp giữa các thông số nghiên cứu được tính theo công thức (1). Kết quả tổng hợp ở Bảng 3, 4 và 5.

Từ Bảng 3 và 4 cho thấy, các nguyên tố tạo quặng chính (Pb, Zn) ở khu Phia Đăm có quan hệ thuận khá chặt chẽ với nhau; ngược lại ở khu Khuổi Mạn hầu như không có quan hệ với nhau. Nguyên tố chì có quan hệ thuận với hệ số K, ngược lại Zn có quan hệ nghịch với hệ số K và giữa chúng hầu như không có quan hệ với độ sâu tồn tại

quặng; trong khu vực nghiên cứu sự phân bố Pb, Zn trong các thân quặng không phụ thuộc vào độ sâu (Z) tồn tại của thân quặng đã xác định.

Từ Bảng 5 cho thấy Pb, Zn có mối quan hệ thuận với nhau ($R > 0,5$) và giữa chúng có mối quan hệ thuận khá chặt chẽ với Ag, Cd, Sb, Cu và các nguyên tố này hầu như không có quan hệ với nguyên tố As.

4.1.7. Thảo luận về nguồn gốc thành tạo quặng Pb-Zn trong khu vực

Bảng 2. Đặc trưng thống kê hàm lượng các nguyên tố Pb, Zn và Pb + Zn (theo mẫu hóa).

Thông số thống kê	Phia Đăm			Khuổi Mạn		
	Pb	Zn	Pb + Zn	Pb	Zn	Pb + Zn
Trung bình (%)	3,26	6,27	9,53	2,67	2,13	4,80
Quân phương sai	3,84	6,73	9,36	3,63	4,09	5,98
Độ nhọn	6,48	3,62	1,76	10,78	17,56	6,05
Độ lệch	2,31	1,89	1,52	2,88	3,86	2,37
Min (%)	0,13	0,18	0,31	0,05	0,02	0,16
Max (%)	23,23	35,97	46,52	22,00	27,12	31,31
Hệ số biến thiên ($V_c\%$)	117,7	107,3	98,3	136,0	191,6	124,6
Số mẫu	152	152	152	129	129	129

Bảng 3. Ma trận tương quan cặp giữa các nguyên tố với hệ số K ($K=Pb/(Pb+Zn)$) và độ sâu (Z) tồn tại quặng khu Phia Đăm.

	Z	Pb	Zn	K
Z	1,00			
Pb	-0,16	1,00		
Zn	-0,08	0,58	1,00	
K	-0,07	0,48	-0,13	1,00

Bảng 4. Ma trận tương quan cặp giữa các nguyên tố với hệ số K ($K=Pb/(Pb+Zn)$) và độ sâu (Z) tồn tại quặng khu Khuổi Mạn.

	Z	Pb	Zn	K
Z	1,00			
Pb	-0,24	1,00		
Zn	-0,19	-0,11	1,00	
K	-0,07	0,52	-0,57	1,00

Bảng 5. Hệ số tương quan cặp giữa các nguyên tố tạo quặng khu Phia Đăm (theo tài liệu phân tích ICP – mẫu lấy trong các thân quặng chì – kẽm).

	Ag	As	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Ag	1,00						
As	-0,05	1,00					
Cd	0,17	0,34	1,00				
Cu	0,18	0,12	0,51	1,00			
Pb	0,67	-0,05	0,17	0,24	1,00		
Sb	0,81	0,06	-0,03	0,12	0,62	1,00	
Zn	0,18	-0,07	0,80	0,65	0,53	0,35	1,00

Về nguồn gốc quặng chì - kẽm khu vực nghiên cứu còn có nhiều quan điểm khác nhau; đáng chú ý là quan điểm về loại hình nguồn gốc nhiệt dịch - trầm tích thuộc kiểu mỏ SEDEX liên quan chặt chẽ với các thành tạo trầm tích carbonat tuổi Devon sớm (Đỗ Quốc Bình, 2005; Nguyễn Văn Niệm, 2010).

Kết quả tổng hợp tài liệu phân tích mẫu bao thể khí - lỏng và bao thể lỏng - khí. Trong các mẫu hầu hết đều gặp hai loại bao thể lỏng - khí và khí - lỏng có kích thước từ nhỏ đến lớn, mật độ gặp cao, phân bố không đều trong mẫu. Dựa vào sự tồn tại của các loại bao thể có trong mẫu và nhiệt độ đồng hóa các pha của chúng, cho thấy các khoáng vật trong mẫu thành tạo ở nhiệt độ sau (Nguyễn Anh Tuấn, 2014):

- Bao thể lỏng - khí: Hình dạng: nhiều cạnh, ovan và tròn. Kích thước $5 \div 15 \mu\text{m}$ theo cạnh dài bao thể. Thành phần các pha: $70 \div 90\%$ lỏng, $10 \div 30\%$ khí. Mật độ: $50 \div 100 \text{ BT/mm}^2$. Nhiệt độ đồng hóa: $162 \div 201^\circ\text{C}$.

- Bao thể khí - lỏng: Hình dạng: tròn cạnh, ovan và tròn. Kích thước từ $3 \div 12 \mu\text{m}$ theo cạnh dài bao thể. Thành phần các pha: $65 \div 80\%$ khí, $20 \div 35\%$ lỏng. Mật độ: thấp $< 50 \text{ BT/mm}^2$. Nhiệt độ đồng hóa: $240 \div 308^\circ\text{C}$.

Từ kết phân tích mẫu bao thể khí lỏng và lỏng khí nêu trên, cũng như đặc điểm hình thái - cấu trúc thân quặng, đặc điểm đá biến đổi cạnh mạch và tổ hợp cộng sinh khoáng vật đã xác lập, theo tác giả quặng Pb-Zn trong khu vực nghiên cứu có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến thấp ($162 \div 308^\circ\text{C}$), với tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng cho giai đoạn tạo quặng công nghiệp là thạch anh - sphalerit - galena - chancopyrit.

Hai kiểu hình thái thân quặng nêu trên có cùng nguồn cung cấp và đá chứa, chỉ khác nhau phương thức lắng đọng, quy mô, hình thái thân quặng; trong đó kiểu quặng thứ nhất (kiểu thân quặng mặt lớp giả tầng) được thành tạo chủ yếu theo phương thức lấp đầy khe nứt bong lớp, trao đổi thay thế các đá carbonat bị biến đổi vây quanh; kiểu quặng thứ hai (kiểu thân quặng dạng mạch, mạng mạch xuyên cắt đá vây quanh) được thành tạo chủ yếu theo phương thức lấp đầy khe nứt, đới dập vỡ kiến tạo phát triển dọc đứt gãy.

4.2. Tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm quặng

Tổng hợp kết quả nghiên cứu trước và tài liệu thu thập trong quá trình thi công đề án thăm dò,

đã xác lập được các tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm quặng chì - kẽm trong khu vực.

4.2.1. Tiền đề tìm kiếm

Dựa vào cấu trúc địa chất và đặc điểm quặng hóa, thành phần thạch học, điều kiện thành tạo quặng,... có thể xác định các tiền đề tìm kiếm quặng chì - kẽm khu vực như sau:

- Tiền đề thạch địa tầng: Yếu tố thạch địa tầng, kết hợp với yếu tố cấu trúc - kiến tạo thành yếu tố kiến trúc - thạch học có ý nghĩa đặc biệt trong sự phân bố và tập trung quặng chì - kẽm trong khu vực.

Khu vực nghiên cứu, quặng hóa chì - kẽm phân bố tập trung trong các thành tạo đá vôi, xen kẹp vôi sét bị dolomit hóa, thạch anh hóa. Các tập đá vôi, vôi sét, đá vôi tái kết tinh màu xám là yếu tố chứa quặng Pb-Zn thuận lợi nhất, các thành tạo này chủ yếu tập trung ở nếp lồi Phía Khao. Tầng chứa ít thuận lợi hơn là đá hoa màu trắng, đá phiến vôi, đá phiến vôi. Tập đá phiến có lẽ là tập đóng vai trò là tầng chắn dung dịch tạo quặng trong khu vực.

- Tiền đề kiến trúc: Yếu tố cấu trúc kiến tạo nói chung giữ vai trò quan trọng trong sự khống chế và tập trung các mỏ nhiệt dịch nói chung, quặng chì - kẽm nói riêng.

- + Nếp uốn: Cấu trúc nếp lồi Phía Khao thuận lợi cho tập trung quặng hóa Pb-Zn, với các thân quặng thường có quy mô lớn đến trung bình, hàm lượng khá cao. Các nếp oằn nhỏ nằm trong cấu tạo đơn nghiêng khu Khuổi Mạn là nơi thuận lợi cho tích tụ quặng hóa Pb-Zn.

Các nếp uốn nhỏ thường đi kèm với các hệ thống khe nứt phát triển cạnh các đứt gãy bậc 2, 3 là các vị trí thuận lợi cho việc tập trung quặng, nhất là phần cánh của nếp lồi Phía Đăm. Các nếp uốn nhỏ, đi kèm với các hệ thống khe nứt phát triển cạnh các đứt gãy nhỏ (bậc 2, 3) là các vị trí thuận lợi cho việc tập trung quặng, nhất là phần cánh của nếp lồi Phía Đăm. Thực tế cho thấy quy mô thân quặng ở trung tâm nếp lồi Phía Đăm lớn hơn so với các thân quặng ở khu vực có cấu trúc đơn nghiêng (Khuổi Mạn). Đặc biệt tại khu vực nếp lồi Phía Đăm, các đá vôi, vôi sét bị dolomit hóa, silic hóa, thạch anh hóa có thể nằm thoải $20 \div 40^\circ$, bị uốn nếp là điều kiện thuận lợi để lắng đọng và tích tụ quặng chì - kẽm trong khu vực.

- + Đứt gãy: Trong khu vực nghiên cứu, hệ thống đứt gãy phát triển theo các phương khác nhau,

nhưng đóng vai trò quan trọng nhất đối với tạo quặng chì - kẽm là hệ thống đứt phương tây bắc - đông nam, thứ đến là hệ thống đứt gãy phương đông bắc - tây nam và á vĩ tuyến.

+ Khe nứt: Khe nứt có giá trị rất lớn trong tìm kiếm, vì chúng quyết định sự phân bố mỏ có nguồn gốc nhiệt dịch, đặc biệt là quặng dạng mạch, mạng mạch. Trong một trường ứng suất bao giờ cũng tồn tại ba loại khe nứt: Khe nứt cắt, khe nứt tách và khe nứt ép dẹt. Trong đó khe nứt tách là khe nứt mở thuận lợi cho tạo quặng nhiệt dịch.

Từ tổng hợp tài liệu nghiên cứu của các tác giả trước và thực tế thi công đề án thăm dò (Nguyễn Phương, 2020), cho thấy đặc điểm thạch địa tầng và cấu trúc nếp uốn (nếp lồi) là tiền đề thuận lợi, có vai trò quan trọng để hình thành các thân quặng dạng giả tầng; còn các đứt gãy, khe nứt và đới dập vỡ đi cùng là tiền đề thuận lợi cho thành tạo các thân quặng dạng mạch, mạng mạch trong khu vực nghiên cứu.

4.2.2. Dấu hiệu tìm kiếm

- Vết lộ thân khoáng: Vết lộ thân khoáng là nơi thân quặng lộ ra trên mặt đất, do các quá trình địa chất (vết lộ tự nhiên) hay tác động của con người (vết lộ nhân tạo). Đây là dấu hiệu tìm kiếm rất có giá trị, vì nó chỉ cho ta một cách trực tiếp các biểu hiện khoáng sản chì - kẽm hay các thân khoáng rất rõ ràng. Nhờ quan sát và nghiên cứu vết lộ mà có thể suy đoán quy mô và chất lượng quặng một cách khái quát.

- Vành phân tán tầng lẫn: Cơ sở của phương pháp là dựa vào các tầng lẫn có chứa các khoáng vật quặng. Quá trình khảo sát cho thấy trên khu vực nghiên cứu đều gặp các tầng lẫn chứa quặng. Kích thước các tầng lẫn dao động từ 0,05÷0,1 m³ đến 0,5÷1 m³ hoặc hơn. Dựa vào hình dạng, kích thước, độ mài tròn của tầng lẫn để dự đoán vị trí thân quặng gốc.

+ Dấu hiệu các công trình cũ: Trong quá trình khảo sát thực địa cho thấy, tại một số khu vực đã có các công trình moong, lò do dân khai thác tự phát. Đây là dấu hiệu có thể sử dụng để đánh giá sơ bộ quy mô và chất lượng quặng.

+ Đá biến đổi cạnh mạch: Đi cùng quá trình tạo quặng là những hiện tượng biến đổi như thạch anh hóa, dolomit hóa hoặc calcit hóa. Sự biến đổi này tạo thành đới biến đổi có diện tích rộng hơn diện tích thân quặng, mạch quặng. Vì vậy, dễ phát

trong lộ trình địa chất; đây là các dấu hiệu gián tiếp, nhưng rất quan trọng.

+ Dị thường địa vật lý: Dựa vào các dị thường địa vật lý có thể phán đoán những đặc điểm về cấu trúc địa chất và khả năng phát hiện các tích tụ khoáng sản. Tuy nhiên không phải tất cả các dị thường đều biểu hiện sự tích tụ khoáng sản và các tích tụ này chưa chắc đã chứa quặng chì - kẽm. Do vậy, các dị thường địa vật lý là dấu hiệu gián tiếp trong việc điều tra, đánh giá và thăm dò quặng chì - kẽm ở khu vực.

Kết quả đo địa vật lý mặt đất theo tuyến thăm dò đã xác định được các đới có giá trị điện trở suất nhỏ hơn 200 Ωm, phát triển đến độ sâu trên 150 m, chiều rộng của đới thay đổi từ 10÷500 m. Các đới dị thường điện trở suất thấp liên quan với đới biến đổi, đới vỡ nứt nên có triển vọng chứa quặng chì - kẽm.

+ Vành phân tán địa hóa: Vành phân tán địa hóa là dấu hiệu để phát hiện dị thường địa hóa các nguyên tố quặng và các nguyên tố chỉ thị làm cơ sở cho việc tìm kiếm phát hiện các thân quặng gốc bằng các lộ trình địa chất tìm kiếm, đo địa vật lý và các công trình khai đào.

Theo tài liệu của giai đoạn điều tra đánh giá (Phùng Quốc Trị, 2013) đã thành lập được sơ đồ vành phân tán bậc 2, 3 của nguyên tố chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu.

- Dự báo độ sâu tồn tại quặng chì kẽm trong khu vực: Độ sâu thân quặng tương quan thuận với quy mô thân quặng (Lir lu.V., 1984). Theo ông độ sâu tồn tại quặng có thể dự báo theo công thức:

$$h = 0,6 * l \quad (2)$$

Trong đó: h - độ sâu tồn tại thân quặng, hoặc đới quặng theo hướng dốc, l - chiều dài thân quặng/hoặc đới quặng.

Do đó, độ sâu tồn tại các thân quặng (đới quặng) chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu có thể tồn tại đến 300 m hoặc hơn. Kết quả thăm dò cho thấy quặng chì - kẽm trong khu vực tồn tại đến độ sâu 100÷150 m hoặc hơn so với bề mặt địa hình hiện tại và tập trung chủ yếu từ độ cao cốt +500 m đến cốt +700 m (khu Phía Đầm) và từ cốt +550 m đến cốt +750 m (khu Khuổi Mạn).

Từ các dẫn liệu trên cho phép nhận định, trong khu vực nghiên cứu ngoài các thân quặng lộ trên mặt đã được điều tra đánh giá và thăm dò, có nhiều khả năng tồn tại các thân quặng dưới sâu (ẩn, sâu); đặc biệt phần cánh tây nếp lồi Phía Đầm.

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau:

1. Khu vực nghiên cứu có cấu trúc địa chất khá phức tạp, có tiềm năng về quặng chì - kẽm; trong đó có các diện tích đang được thăm dò phát triển mỏ. Quặng chì - kẽm phân bố tập trung ở nếp lồi Phía Đầm, tạo thành các thân quặng công nghiệp có quy mô nhỏ đến trung bình. Trong khu vực nghiên cứu tồn tại hai kiểu hình thái thân quặng có những đặc điểm riêng:

- Kiểu thứ nhất, gồm các thân quặng phát triển theo mặt lớp, dạng giả tầng phát triển trong các cấu trúc đơn nghiêng, tập trung ở các khu Phía Đầm và khu Khuổi Mạn.

- Kiểu thứ hai, gồm các thân quặng dạng mạch xuyên cắt đá vây quanh, thường phát triển dọc theo các đứt gãy nhỏ, đới dập vỡ.

Hai kiểu trên thường gắn bó mật thiết với nhau trong cùng một khu mỏ; tuy nhiên trong khu vực nghiên cứu, thì ưu thế về quy mô và mức độ tập trung là các thân quặng dạng giả tầng.

2. Khoáng vật quặng nguyên sinh chủ yếu là sphalerit, galena, pyrit, chalcopyrit, khoáng vật thứ sinh có geothit, covelin, anglesit, pyrotin. Khoáng vật phi quặng chủ yếu là calcit, dolomit, thạch anh. Quặng có cấu tạo chủ yếu là dạng xâm tán, gân mạch, dải, ổ, đốm, dăm kết. Các nguyên tố tạo quặng chính (Pb, Zn) ở khu Phía Đầm có quan hệ thuận khá chặt chẽ với nhau. Sự phân bố hàm lượng Pb, Zn trong các thân quặng không phụ thuộc vào độ sâu tồn tại của chúng. Ngoài chì, kẽm, trong các thân quặng còn có Ag, barit, cần nghiên cứu khả năng thu hồi, để nâng cao giá trị kinh tế mỏ; đồng thời đáp ứng yêu cầu sử dụng hiệu quả, tiết kiệm và triệt để nguồn tài nguyên không tái tạo, kết hợp bảo vệ môi trường trong hoạt động khai thác khoáng sản.

3. Yếu tố liên quan và khống chế quặng hóa chì - kẽm trong khu vực Phía Đầm - Khuổi Mạn là hệ thống đứt gãy phương tây bắc - đông nam và yếu tố thạch địa tầng (các thành tạo carbonat thuộc tập 2, hệ tầng Cốc Xô (D_{1cx_2}) bị dolomit hóa, thạch anh hóa).

Quặng có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến thấp ($162 \div 308^\circ\text{C}$), với tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng cho giai đoạn tạo quặng sản phẩm là thạch anh - sphalerit - galena - chancopyrit.

4. Quặng chì - kẽm trong khu vực tồn tại đến độ sâu từ $100 \div 150$ m hoặc hơn so với bề mặt địa hình hiện tại và tập trung chủ yếu từ độ cao cốt +500 m đến cốt +700 m (khu Phía Đầm) và từ cốt +550 m đến cốt +750 m (khu Khuổi Mạn). Ngoài các thân quặng lộ trên mặt đã được điều tra đánh giá và thăm dò, trong khu Phía Đầm - Khuổi Mạn còn có triển vọng về các thân quặng phân bố dưới sâu (hiện chưa xuất lộ trên mặt), cần tiếp tục điều tra, thăm dò để gia tăng trữ lượng/tài nguyên Pb-Zn trong khu vực nói riêng, tỉnh Bắc Kạn nói chung.

Những đóng góp của tác giả

- Xác định trong khu vực nghiên cứu tồn tại của hai kiểu hình thái thân quặng chì - kẽm và đặc điểm phân bố của chúng.

- Xác lập được thứ tự sinh thành và tổ hợp cộng sinh khoáng vật quặng trong khu vực Phía Đầm - Khuổi Mạn.

- Xác định đặc trưng phân bố thống kê của các nguyên tố chì, kẽm và mối quan hệ tương quan của chúng với độ sâu tồn tại của quặng hóa trong khu vực nghiên cứu.

- Góp phần làm sáng tỏ các yếu tố liên quan, khống chế quặng hóa chì - kẽm và dự báo độ sâu tồn tại của quặng chì - kẽm trong khu vực.

Tài liệu tham khảo

Đỗ Quốc Bình, (2005). Nghiên cứu xác lập triển vọng quặng chì - kẽm, vàng và các khoáng sản khác đi kèm dải quặng Quản Bạ - Pắc Nặm các tỉnh Hà Giang, Cao Bằng và Bắc Kạn. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội*.

Hoàng Văn Khoa, Nguyễn Việt Hùng, Đào Thái Bắc, (2000). Một số kết quả đánh giá quặng chì - kẽm vùng Đông Bắc quá 10 năm (1990 - 2000). *Hội nghị KHĐC lần thứ 4, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội*.

Nguyễn Văn Niệm (chủ biên), Mai Trọng Tú, Đỗ Đức Nguyên, Nguyễn Văn Học, Nguyễn Minh Long, Đoàn Thị Ngọc Huyền, Nguyễn Văn Luyện, (2010). Nghiên cứu xác lập cơ sở khoa học để xây dựng các mô hình thành tạo quặng chì - kẽm ở miền Bắc Việt Nam. *Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội*.

Nguyễn Phương, (2020). Báo cáo trung gian kết quả thăm dò quặng chì - kẽm khu vực Phía Đầm - Khuổi Mạn, xã Bằng Thành, huyện Pắc Nặm,

- tỉnh Bắc Kạn. *Lưu Công ty CP Tư vấn triển khai công nghệ Mỏ - Địa chất*.
- Lưu Công Trí, Trịnh Đình Huấn, Chu Minh Tú, Đinh Xuân Hà, Nguyễn Phương, (2020). Một số kết quả nghiên cứu mới về quặng hóa wolfram, thiếc - đa kim khu vực Huổi Chừn, tỉnh Hòa Phấn, Cộng hòa Dân chủ Nhân dân Lào. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật mỏ - Địa chất* tập 61, kỳ 2 (2020) 22- 32.
- Phùng Quốc Trị (chủ biên), (2013). *Báo cáo đánh giá tiềm năng quặng chì – kẽm vùng Bản Lìm, Phía Đăm, tỉnh Cao Bằng và Bắc Kạn*. Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
- Mai Thế Truyền (chủ biên), (1997). *Địa chất khoáng sản nhóm tò Bảo Lạc tỷ lệ 1: 50 000*, Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
- Nguyễn Anh Tuấn, (2014). *Đặc điểm quặng hóa và định hướng công tác tìm kiếm thăm dò quặng chì - kẽm vùng Đông Bắc Việt Nam*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật địa chất. Lưu trữ thư viện Quốc gia, Hà Nội.
- Lir Iu. V. (1984). Nguyên tắc và phương pháp đánh giá độ sâu tồn tại (phân bố) các mỏ nguồn gốc nhiệt dịch của kim loại màu và hiếm. Leningrad. Bản tiếng Nga.