



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Áp dụng một số bài toán địa chất để dự báo độ sâu tồn tại và đánh giá triển vọng quặng Pb- Zn khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền

Nguyễn Phương ^{1,*}, Nguyễn Thị Thu Hằng ², Tăng Đình Nam ³, Houmphavanh Phatthana ⁴

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

² Liên đoàn Vật lý Địa chất, Tổng Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Việt Nam

³ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam

⁴ Nghiên cứu sinh, Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/08/2017

Chấp nhận 18/10/2017

Đăng online 30/10/2017

Từ khóa:

Quặng ẩn sâu

Chợ Đồn

Chợ Đền

Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mới đạt được trong quá trình áp dụng phối hợp phương pháp toán địa chất với phương pháp truyền thống để dự báo độ sâu tồn tại và đánh giá triển vọng quặng chì, kẽm ẩn, sâu trong khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền. Kết quả nghiên cứu cho thấy các yếu tố khống chế quặng hóa chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu là magma, cấu trúc kiến tạo và thạch địa tầng. Trong khu vực nghiên cứu các nguyên tố Sb, Ag, Cd, Cu có quan hệ khá chặt chẽ với Pb và Zn. Do đó, để tìm kiếm quặng chì kẽm trong khu vực bằng phương pháp địa hóa, ngoài Pb, Zn cần sử dụng tổ hợp nguyên tố Sb, Ag, Cd, Cu. Sử dụng phương pháp thống kê hai chiều đã xác định được mối quan hệ tương quan của các nguyên tố Pb, Zn, Sb, Ag, Cd, Cu với độ sâu tồn tại quặng hóa trong khu vực; đồng thời dự báo độ sâu tồn tại quặng. Kết quả thiết lập phương trình hồi quy điển đạt sự phân bố của Pb - Zn theo chiều sâu cho thấy quặng chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu chủ yếu tập trung từ cột + 900m đến cột +770m (phần trên mặt) và từ dưới cột +770 m đến cột+ 300 m (phần quặng ẩn, sâu), tương ứng độ sâu từ 100 m đến 500 m so với bề mặt địa hình hiện tại. Kết quả dự báo tài nguyên quặng ẩn, sâu theo phương pháp dự báo định lượng (tính từ độ sâu 100 - 500m so với bề mặt địa hình hiện tại ở từng khu mỏ) trong khu vực nghiên cứu đạt khoảng 2.831 - 3.082 nghìn tấn (Pb + Zn) và tập trung chủ yếu ở Phía Khao - Bô Pen, LaPointe - Lũng Hoài - Mán - Suốc, Bình Chai - Cao Bình, Bô Luông - Đèo An; tiếp đến là Lũng Cháy - Suối Teo - Khuổi Khem, Ba Bờ và Phù Sáp.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Đặt vấn đề

Theo tài liệu đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1: 200.000, 1: 50.000 và các công trình nghiên cứu trước (Nguyễn Kih Quốc, 1974; Đỗ Quốc Bình, 2005; Tăng Đình Nam và nnk., 2016), khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền có nhiều

*Tác giả liên hệ

E-mail: nguyenphuong@humg.edu.vn

loại hình khoáng sản có giá trị, đáng chú ý là quặng chì - kẽm... Mặc dù đã được đầu tư nghiên cứu từ lâu, nhưng hầu hết các công trình chỉ tập trung nghiên cứu, điều tra, đánh giá và thăm dò đến độ sâu <150m, phần quặng nằm sâu, quặng ẩn hiện chưa được quan tâm nghiên cứu. Để có cơ sở khoa học cho việc định hướng quy hoạch công tác điều tra, thăm dò phục vụ khai thác, sử dụng hợp lý và có hiệu quả khoáng sản chì- kẽm và các kim loại đi kèm, việc đánh giá triển vọng quặng ẩn, sâu ở các vùng triển vọng một cách toàn diện và hệ thống trên cơ sở áp dụng các phương pháp, kỹ thuật mới là rất cần thiết.

Bài báo giới thiệu kết quả áp dụng phối hợp một số bài toán địa chất để dự báo độ sâu tồn tại và đánh giá triển vọng quặng chì - kẽm ẩn, sâu khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền.

2. Tổng quan khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc phần đông nam đới Lô Gâm, có cấu trúc địa chất phức tạp, với nhiều loại hình khoáng sản có giá trị, nhiều mỏ đã và đang được điều tra, thăm dò và khai thác; trong đó có quặng chì - kẽm. Đới Lô Gâm gồm phần lớn diện tích của đới Sông Lô (A. E. Dopvjicov và nnk., 1965) trừ phần diện tích khối granitoid Sông Cháy, sau này Trần Văn Trị gọi là Đới phức nếp lồi Sông Gâm (Trần Văn Trị và nnk., 1977) và gần đây nhất là Đới Tây Việt Bắc (Trần Văn Trị và nnk., 2009).

Trên bản đồ địa chất khu vực, diện tích nghiên cứu có mặt các thành tạo trầm tích, trầm tích biến chất từ Paleozoi đến Đệ tứ, gồm hệ tầng Phú Ngũ (O_3-S_1 pn), Hệ tầng Phia Phương (D_1 pp), Hệ tầng Mia Lé (D_1 ml), Hệ tầng Khao Lộc (D_{1-2} kl), Hệ tầng Văn Lãng (T_3 n-r vl₁), Hệ Đệ tứ không phân chia (Q) (Hình 1).

Hoạt động magma xâm nhập trong khu vực có mặt từ Paleozoi đến Paleogen, gồm Phức hệ Phia Ma ($\xi PZ_2 pm_1$), Phức hệ Ngân Sơn ($\gamma D_3 ns_1$), phức hệ Núi Chúa ($vaT_3 n nc$), phức hệ Phia Bioc ($\gamma maT_3 n pb$) và Phức hệ Chợ Đồn ($\xi E cd$) (Hình 1).

Khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền nằm gần trọn trong nếp lồi Phia Khao, được cấu thành bởi các thành tạo thuộc hệ tầng Khao Lộc, phần nhân là tập 1 chuyển dần ra tập 2 và ngoài cùng là tập 3. Theo đa số các nhà nghiên cứu, đây là cấu trúc thuận lợi khổng chế và liên quan đến quặng hóa chì - kẽm trong khu vực.

Hệ thống đứt gãy phương đông bắc - tây nam là hệ thống khổng chế quặng hóa chì - kẽm trong khu vực, ngoài ra còn có hệ thống tây bắc - đông nam, hệ thống á vĩ tuyến, các hệ thống này chủ yếu làm phức tạp hóa cấu trúc khu vực và gây khó khăn cho công tác liên kết các thân quặng.

3. Đặc điểm phân bố quặng chì - kẽm khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền

3.1. Vị trí địa chất, hình thái và thế nằm thân quặng

Quặng chì - kẽm liên quan chặt chẽ với các cấu trúc nếp lồi nhỏ đi cùng với đứt gãy phương đông bắc - tây nam. Đá chứa quặng chủ yếu là đá vôi, đá vôi - dolomit đá vôi tái kết tinh phân lớp mỏng đến vừa, đá phiến vôi, thứ đến đá hoa phân lớp mỏng, phân lớp vừa đến dạng khối, ít hơn trong đá vôi - sericit, vôi - sét thuộc hệ tầng Khao Lộc. Đá bị đập vỡ mạnh, biến đổi calcit hóa, dolomit hóa, thạch anh hóa, sericit hóa, clorit hóa. Cấu trúc chứa quặng chủ yếu là các hệ thống đứt gãy xuyên cắt lớp và khe nứt tách lớp trong các nếp lồi nhỏ và nếp oằn phát triển trong các thành tạo.

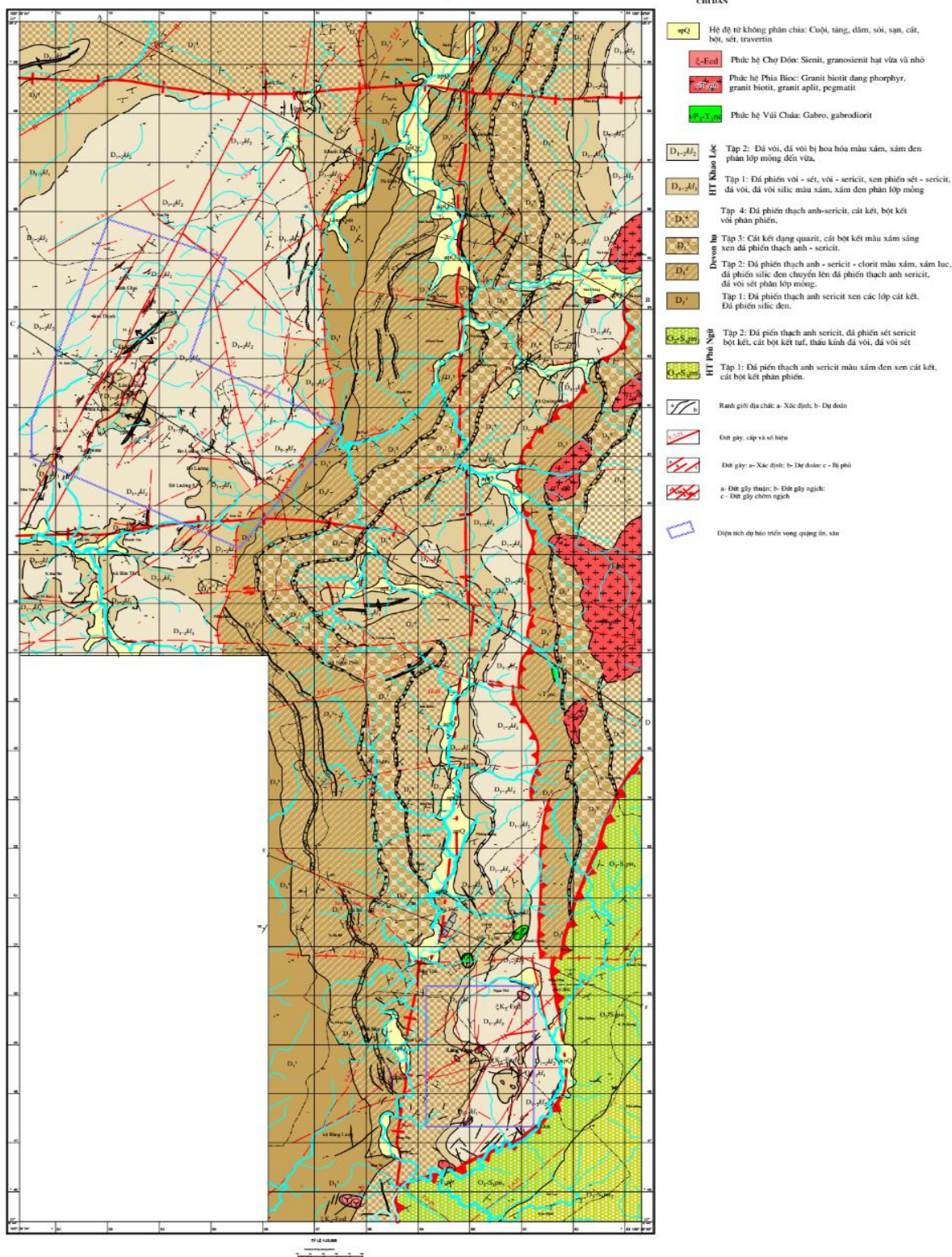
Chiều dày thân quặng thay đổi từ 1,5- 5m, ở phần cánh đứt gãy, đới quặng phát triển theo mặt lớp dày >30m, đôi khi đến 100m, độ dày thân quặng giảm dần khi xa dần đứt gãy. Như vậy quặng hóa vừa phát triển theo chiều sâu của đứt gãy vừa phát triển theo đường phương của đá ở cánh của đứt gãy, hình thái tổng thể đới quặng có dạng răng lược (Tăng Đình Nam và nnk., 2016).

Tổng hợp tài liệu điều tra thăm dò cho thấy ở khu Lũng Hoài - La Pointe có 57 lỗ khoan gặp quặng Pb- Zn phát triển đến độ sâu >100m, độ sâu gặp quặng lớn nhất 252,2 - 253,4m (LK.87 LP), độ sâu gặp đá biến đổi có xâm tán sulfur Pb- Zn lớn nhất đạt 278 - 281m (LK.88 LP) (Tăng Đình Nam và nnk., 2016), có nhiều lỗ khoan gặp quặng sulfur Pb- Zn hoặc đá biến đổi có chứa sulfur Pb- Zn ở độ sâu >200m.

Ở khu Bình Chài gặp quặng ở độ sâu 214,5 m - 218m (LK.11) (Tăng Đình Nam và nnk., 2016), thân quặng phát triển theo đới dập vỡ và xuyên theo mặt lớp vào đá vây quanh dạng răng lược.

Ở khu Bó Luông - Đèo An có 16 lỗ khoan gặp quặng sulfur Pb-Zn ở độ sâu >100m, độ sâu gặp quặng lớn nhất đạt 184 - 185m (LK.54 BD) (Tăng Đình Nam và nnk., 2016).

**SƠ ĐỒ CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN
VÙNG CHỢ ĐỒN - BẮC KẠN**



Hình 1. Sơ đồ địa chất và khoáng sản vùng Chợ Đồn - Chợ Đền, Bắc Kạn (Tăng Đình Nam và nnk., 2016; Nguyễn Kinh Quốc, 1974).

Các thân quặng trong cùng một khu mỏ cũng khá phức tạp và đa dạng, ở các khu mỏ khác nhau lại càng phức tạp và đa dạng hơn. Hình thái thân quặng nguyên sinh và thân quặng thứ sinh có đặc trưng riêng; trong đó có nhiều thân quặng ẩn, sâu đã được ghi nhận theo tài liệu địa vật lý và các lỗ khoan sâu trên 200m (Nguyễn Tuấn Anh, 2010; Tăng Đình Nam và nnk., 2016), cụ thể:

+ Quặng nguyên sinh thường có dạng mạch, hệ mạch, thấu kính, chuỗi thấu kính, vữa, ít hơn có dạng đẳng thớ (dạng bướu, dạng ổ), đặc trưng cho kiểu quặng sulfur Pb- Zn.

+ Quặng thứ sinh: chuyển dạng dồn tích trong lớp phủ hoặc trong hang, phếu karst, chúng có mặt ở hầu hết các mỏ, nhưng phát triển mạnh hơn ở khu Bó Luông và khu Phia Khao.

- Trong khu vực đã ghi nhận được 2 loại thân quặng: dạng mạch xuyên cắt đá vây quanh và dạng giả tầng (theo mặt lớp hoặc giả theo mặt lớp).

Hai kiểu này thường gắn bó mật thiết với nhau trong cùng một khu mỏ; tuy nhiên tùy từng vị trí cấu trúc, ưu thế về số lượng của từng kiểu khác nhau.

3.2. Thành phần khoáng vật và cấu tạo quặng

- Khoáng vật quặng nguyên sinh chủ yếu là sphalerit, galenit, pyrit, arsenopyrit, pyrotin, thứ sinh có smitsonit, cerussit, siderit, rodochroxit, limonit, gotit. Khoáng vật phi quặng chủ yếu là calcit, thạch anh (Hồ Vương Bình, 1974; Đỗ Quốc Bình, 2005; Nguyễn Văn Niệm, Mai Trọng Tú và nnk., 2010; Tăng Đình Nam và nnk., 2016).

- Quặng chủ yếu có cấu tạo xâm tán, gân mạch, dải, đốm, dăm kết. Trong cấu tạo dải, các dải quặng giàu sphalerit, dải quặng giàu pyrit xen kẽ nhau trong đá gốc. Cấu tạo gân mạch thường tạo thành hệ mạch quặng đặc sít lấp đầy khe nứt, hoặc mặt tách lớp. Cấu tạo dăm kết phát triển trong thân quặng liên quan đến đới dập vỡ. Cấu tạo xâm tán, các khoáng vật quặng nằm xâm tán trong đá vây quanh bị biến đổi (đá vôi, đá sét vôi, ... bị biến đổi).

3.3. Thành phần hóa học

Các nguyên tố quặng gồm Zn, Pb, nguyên tố đi kèm có Cd, Cu, Ag, Au...

Kết quả phân tích hấp thụ nguyên tử ở một số mỏ cho tổng hàm lượng các nguyên tố Zn+ Pb dao động từ 12% đến 66%, trung bình 25%. Hàm lượng Pb dao động từ 0,18% đến 64,1%, trung

bình 7,4%, Zn dao động từ 2,28% đến 43,61%, trung bình 18,6% (Tăng Đình Nam và nnk., 2016).

Theo kết quả phân tích ICP hàm lượng Cd nhiều mẫu đạt 1- 2%; Cu có nhiều mẫu đạt 0,005- 0,01%.

4. Phương pháp nghiên cứu

4.1. Cơ sở dự báo quặng Pb - Zn ẩn, sâu trong khu vực nghiên cứu

Để dự báo khả năng tồn tại quặng ẩn, sâu trong khu vực, dựa vào các dấu hiệu đặc trưng sau:

- *Biểu hiện khoáng sản trên mặt*: các dấu hiệu tìm kiếm quan trọng là vết lộ quặng, các vành tầng lẫn quặng, các mũ sắt hay các đới limonit hoặc sắt mangan là các dấu hiệu tìm kiếm trực tiếp cho việc tìm kiếm các thân quặng sulfur chì, kẽm ở dưới sâu như đã phát hiện ra nhiều mỏ và điểm quặng (Nà Tùm, Khuổi Khem...).

- *Quy mô quặng hóa*: Kết quả tổng hợp tài liệu cho thấy:

+ Ở khu Lũng Hoài - La Pointe độ sâu gặp quặng theo tài liệu khoan đạt trên 250m, độ sâu khoan gặp đá biến đổi có xâm tán quặng Pb- Zn khoảng 280 m, có nhiều lỗ khoan gặp quặng hoặc đá biến đổi có xâm tán quặng Pb- Zn ở độ sâu >200m.

+ Khu Bình Chài gặp quặng ở độ sâu trên 210 m.

+ Khu Bó Luông - Đèo An, gặp quặng ở độ sâu > 180 m.

Tổng hợp tài liệu cho thấy trong khu vực nghiên cứu, đới quặng ở khu La Pointe có quy mô lớn, phần lộ trên mặt có chiều dài khoảng 5000m, chiều rộng 750m. Thân quặng có kích thước lớn (bề dày đạt từ <1m đến 5m - 27m, chiều dài đạt từ < 100m đến 1000 - 1800m). Có nhiều mỏ, quặng Pb-Zn đang được khai thác với quy mô và sản lượng lớn như mỏ Bình Chài, Phia Khao, Đèo An. Chấp nhận theo quan điểm Iu.V. Lir và nnk (1984) (Lir Iu. V., 1984) độ sâu thân quặng tương quan thuận với quy mô (chiều dài) thân quặng ($h=0,6*l$), trong đó h là độ sâu tồn tại thân quặng, hoặc đới quặng theo hướng dốc, l chiều dài thân quặng/hoặc đới quặng).

- *Độ sâu bóc mòn thân quặng*: để đánh giá mức độ bóc mòn quặng, tác giả sử dụng tỷ lệ $(Pb.Zn.Ba)/(Co.Ni.Sn)$, kết hợp tỷ lệ $K= Pb/(Pb+Zn)$ và các dấu hiệu về khoáng vật quặng.

- Dị thường địa vật lý: kết quả đo có dị thường điện trở suất nhỏ của kết quả đo trường chuyển và từ tellur, có dị thường trọng lực địa phương âm, dị từ yếu với biên độ nhỏ.

Kết quả đo từ đã xác định được 13 dải dị thường địa phương yếu, với biên độ chủ yếu là 30nT, được thể hiện trên sơ đồ tổng hợp kết quả đo từ. Các dải dị thường này có thể liên quan với đứt gãy, đới biến đổi (Tăng Đình Nam và nnk., 2016).

Kết quả đo trường chuyển đã xác định được 10 đới điện trở suất thấp, có giá trị điện trở suất chủ yếu nhỏ hơn 200 Ωm, phát triển đến độ sâu trên 300 m, chiều rộng của đới thay đổi từ 50m đến 600 m. Các đới dị thường điện trở suất thấp này liên quan với đứt gãy, đới biến đổi, đập vỡ nứt nề có triển vọng quặng ẩn sâu.

- Dị thường địa hóa: để phục vụ công tác tìm kiếm, thăm dò, dự báo khả năng tồn tại và triển vọng quặng ẩn, sâu, người ta phải thành lập bản đồ vành phân tán địa hóa của nguyên tố chỉ thị và xác lập các bậc dị thường tương ứng. Trong tìm kiếm khoáng sản bằng phương pháp địa hóa, thường phân các dị thường theo 3 bậc: Dị thường bậc 1, dị thường bậc 2 và dị thường bậc 3 (Trophimov, Rotrkov, 1999; Đồng Văn Nhì và nnk., 2006). Hàm lượng giới hạn dưới của các bậc dị thường có thể xác định gần đúng theo qui tắc 3 sigma, cụ thể:

$$\sigma + \text{Ngưỡng dưới của dị thường bậc 1: } X_{d1} = X_f + \quad (1a);$$

$$2\sigma + \text{Ngưỡng dưới của dị thường bậc 2: } X_{d2} = X_f + \quad (1b);$$

$$3\sigma + \text{Ngưỡng dưới của dị thường bậc 3: } X_{d3} = X_f + \quad (1c).$$

Trong đó: X_f - giá trị hàm lượng phong, còn gọi giá trị hàm lượng trung bình khu vực của nguyên tố và σ - quân phương phương sai (hay độ lệch quân phương) được xác định theo mô hình toán thống kê (Đồng Văn Nhì và nnk., 2006).

Kết quả xử lý tài liệu địa hóa có những nét đặc trưng sau:

+ Phần phía đông khu vực nghiên cứu, các dị thường các nguyên tố chỉ thị mạnh (Nà Tùm, Ba Bò, Nà Bốp) và rất mạnh (Lũng Váng) đặc biệt có mặt các dị thường bậc cao của Sn.

+ Phần phía tây khu vực Chợ Đồn - Chợ Địch là các dị thường yếu và không có dị thường Sn.

Kết quả tổng hợp tài liệu cũng chỉ rõ, dù yếu hay mạnh nhưng tất cả các dị thường đều phù hợp

hoặc trùng với vị trí khoáng hóa đã phát hiện trong vùng; đồng thời mỗi trường dị thường và các dị thường địa hóa riêng lẻ đều phản ánh được các đặc điểm cấu trúc địa chất, tính chất và mức độ khoáng hóa chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu.

4.2. Áp dụng một số bài toán địa chất để dự báo độ sâu tồn tại và đánh giá triển vọng quặng Pb - Zn khu vực nghiên cứu

Đề luận giải và dự báo triển vọng quặng ẩn, sâu khu vực nghiên cứu, tác giả sử dụng một số bài toán địa chất sau:

- Sử dụng mô hình thống kê hai chiều và đa chiều để dự báo độ sâu phân bố quặng Pb - Zn.

- Áp dụng một số phương pháp dự báo định lượng để đánh giá triển vọng quặng Pb - Zn ẩn, sâu trong các diện tích có triển vọng.

Hiện các nhà địa chất đề xuất nhiều hướng khai thác mô hình thống kê thực dụng trong giải quyết nhiệm vụ điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản; một trong hướng khai thác mô hình thống kê là sử dụng để dự báo tài nguyên khoáng sản nào đó theo tài liệu địa chất - địa hóa - địa vật lý.

Với mục tiêu xác định mối quan hệ tương quan giữa các nguyên tố tạo quặng chì - kẽm và giữa chúng với độ sâu phân bố (tồn tại) trong khu vực, chúng tôi sử dụng mô hình thống kê hai chiều. Mô hình thống kê 2 chiều cho phép xác định mối quan hệ giữa các nguyên tố chính với các nguyên tố đi kèm trong các thân quặng, đới quặng (khu mỏ) và giữa chúng với chiều sâu tạo quặng; đồng thời cho phép xây dựng phương trình hồi quy diễn đạt sự phụ thuộc giữa hàm lượng các nguyên tố với độ sâu phân bố quặng là cơ sở để dự báo định lượng độ sâu tồn tại quặng chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu.

- Hệ số tương quan cặp giữa 2 thông số (nguyên tố) xác định theo công thức:

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

Trong đó: X_i, Y_i - giá trị thông số (nguyên tố) ở mẫu (điểm) thứ i , n - số mẫu (điểm) nghiên cứu.

Khi $r_{xy} > 0$ thì x và y có mối quan hệ thuận; ngược lại $r_{xy} < 0$, giữa x và y có mối quan hệ nghịch. Hệ số tương quan r_{xy} càng tiến đến gần $|\pm 1|$ thì mối

liên hệ tương quan càng chặt chẽ. Mỗi liên hệ tương quan thống kê giữa hai trị số ngẫu nhiên được xem là có thực, nếu hệ số tương quan r theo giá trị tuyệt đối khác 0. Để khẳng định sự có mặt hay không của mối quan hệ này, có thể kiểm tra theo tiêu chuẩn t :

$$t = \frac{|r|}{\sigma_r} \quad ; \quad \sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Nếu $t > 3$ thì giữa x và y được khẳng định là có mối quan hệ tương quan.

- *Phương trình hồi quy*: phương trình hồi quy diễn đạt sự phụ thuộc tuyến tính của y theo x và ngược lại giữa x theo y có dạng:

$$y = ax + b \quad ; \quad x = a_1y + b_1 \quad (4)$$

- Trong thực tế thường gặp nhiều trường hợp sự phụ thuộc giữa hai tính chất địa chất không thể diễn đạt dưới dạng phương trình đường thẳng mà là đường cong. Có rất nhiều dạng đường cong khác nhau. Song hay gặp là các dạng sau:

+ Dạng đường cong Parabol với phương trình hồi quy bậc 2:

$$y = f(x) = ax + bx^2 + c \quad (5)$$

+ Dạng hình sin:

$$y = f(x) = a \cdot \sin(bx + c) \quad (6)$$

+ Dạng hàm mũ:

$$y = f(x) = a \cdot e^{bx} \quad (7)$$

Hoặc dạng phương trình bậc 3, 4, ...

Để đánh giá mối quan hệ phụ thuộc tương quan giữa x và y , người ta sử dụng quan hệ tương quan đa chiều, quan hệ tương quan được tính theo công thức:

$$\mu = \sqrt{1 - \frac{\sigma_\delta^2}{\sigma_y^2}} \quad (8)$$

trong đó:

$$\sigma_\delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_T)^2 \quad (8a)$$

Trong các phương trình 2, 3, 3a, ...5a, các ký hiệu đã giải thích ở phương trình 1.

Quan hệ tương quan μ dao động trong khoảng từ 0 - 1. Giá trị càng gần 1 thì mối quan hệ giữa x và y càng chặt chẽ, khi $\mu = 0$, thì mối quan hệ tương quan hoàn toàn vắng mặt. Khác với phương pháp xác định hệ số tương quan cặp r_{xy} , quan hệ tương quan μ được xác định trên cơ sở xác định hàm tương quan hồi quy $y = f(x)$. Hàm tương quan hồi quy thường được xác định dựa vào tài liệu thực tế bằng phương pháp bình phương tối thiểu (Đông Văn Nhì, Nguyễn Phương và nnk., 2006).

Phương pháp này được sử dụng để xác định mối tương quan giữa hàm lượng Pb, Zn với các nguyên tố tạo quặng và giữa chúng với độ sâu tạo quặng (độ sâu phân bố quặng - H) cho khu vực nghiên cứu. Đồng thời sử dụng để xác lập phương trình hồi quy diễn đạt sự phụ thuộc của Pb, Zn theo độ sâu tồn tại quặng hóa; là cơ sở để dự báo độ sâu tồn tại quặng Pb - Zn trong khu vực nghiên cứu.

4.3. Phương pháp dự báo tài nguyên quặng chì - kẽm ẩn, sâu

Để dự báo tiềm năng tài nguyên quặng chì - kẽm trong khu vực (dự báo cho quặng ẩn, sâu), chúng tôi sử dụng phương pháp tính thẳng theo thông số quặng hóa và phương pháp tương tự địa chất - khoáng sản. Đây là hai trong số các phương pháp dự báo sinh khoáng định lượng được nhiều nhà địa chất trên thế giới và ở nước ta sử dụng dự báo tài nguyên cho vùng quặng, nút quặng, ... trong công tác điều tra, tìm kiếm khoáng sản.

4.3.1. Phương pháp tính thẳng theo hệ số chứa quặng

Phương pháp tính thẳng theo thông số quặng hóa, còn gọi tính thẳng theo hệ số chứa quặng. Đây là phương pháp được áp dụng nhiều nhất để dự báo tài nguyên trong vùng quặng, trường quặng hoặc cho đới khoáng hoá (đới quặng) nhất định (Đặng Xuân Phong, Nguyễn Phương, 2008)

Tài nguyên dự báo được đánh giá theo công thức:

$$Q_q = M_{sp} \cdot S_{sp} \cdot d \cdot K_q \quad (9)$$

$$P = Q_q \cdot C_q = M_{sp} \cdot S_{sp} \cdot d \cdot K_q \cdot C_q \quad (10)$$

Trong đó: Q_q - Khối lượng đất đá quặng (tấn); P - Tài nguyên quặng Tấn); M_{sp} - Chiều dày trung bình của lớp đá chứa quặng (m); S_{sp} - Diện tích các lớp đá chứa quặng (m²); d - Thể tích trọng của đá chứa quặng (T/m³); C_q - Hàm lượng trung bình của Pb + Zn (%).

K_q : Hệ số chứa quặng xác định theo công thức:

$$K_q = \frac{\sum_{i=1}^N K_{q_i}}{N} \quad (11)$$

Trong đó: K_{q_i} là hệ số chứa quặng xác định trên một số mặt cắt chuẩn và tính theo công thức:

$$K_{q_i} = \frac{M_{q_i}}{M_{sfi}} \quad (12)$$

(M_{q_i} là Tổng chiều dày thân quặng, mạch

quặng trên cát chuẩn thứ I (m); M_{sf} là chiều dày đới quặng/hoặc đới khoáng hóa trên mặt cát chuẩn thứ i (m).

Phương pháp tính có độ tin cậy cao khi có đủ tài liệu khoan vẽ các đới khoáng hóa trên bình đồ, độ sâu dự báo quặng xác định theo phương pháp tương tự hay dự báo theo các dấu hiệu địa hoá, địa vật lý. Độ tin cậy của tài nguyên dự báo đạt tài nguyên cấp 334.

4.3.2. Phương pháp tương tự địa chất - khoáng sản

Tài nguyên dự báo (tài nguyên suy đoán hay phỏng đoán) tính theo công thức sau:

$$Q_q = S_{sp} \cdot q_c \cdot E_{ij} \quad (13)$$

$$P = Q_p \cdot C_q = S_{sp} \cdot q_c \cdot E_{ij} \cdot C_q \quad (14)$$

Trong đó: - q_c : Độ chứa quặng trong một đơn vị diện tích chuẩn, các ký hiệu khác chỉ dẫn ở công thức 10.

- C_q : Hàm lượng trung bình của Pb + Zn (%).

- E_{ij} : hệ số mức độ tương tự của khu vực cần tính toán tài nguyên so với khu vực chuẩn tính theo công thức:

$$E(X_i, X_j) = \text{cov}(X_i, X_j) = \frac{\sum_{p=1}^k a_{ip} \cdot a_{jp}}{\sqrt{\sum_{p=1}^k a_{ip}^2 \cdot \sum_{p=1}^k a_{jp}^2}} \quad (15)$$

Với a_{ip}, a_{jp} : giá trị thông số nghiên cứu thuộc đối tượng p; k là số đối tượng cần so sánh.

5. Kết quả và thảo luận

5.1. Xác lập các dấu hiệu dự báo quặng chì - kẽm ẩn sâu ở khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền

5.1.1. Các yếu tố địa chất liên quan và khống chế quặng chì - kẽm

Trên cơ sở phân tích tổng hợp các kết quả nghiên cứu điều tra về địa tầng, kiến tạo, magma và mối liên quan với quặng hóa chì - kẽm trong khu vực cho phép xác lập các yếu tố liên quan và khống chế quặng hóa Pb - Zn như sau:

*Yếu tố thạch địa tầng:

Khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền, quặng hóa chì - kẽm tập trung trong các thành tạo carbonat. Các tập đá vôi, 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 nhân nếp lồi Phia Khao, giảm dần ra hai cánh của nếp lồi. Tầng chứa ít thuận lợi hơn là đá hoa màu trắng, đá phiến vôi, đá

phiến vôi sericit, vôi - silic. Đá phiến đóng vai trò là tầng chắn dung dịch tạo quặng trong khu vực.

*Yếu tố cấu trúc kiến tạo:

- Các nếp uốn, các kiến trúc lồi nhỏ trong một phức nếp uốn hoặc một kiến trúc vòm lớn hơn. Các nếp uốn, các vòm nâng nhỏ thường đi kèm với các hệ thống đứt gãy bậc 2, tạo nên vị trí thuận lợi cho việc tập trung quặng, nhất là phần cánh của nếp uốn và rìa các vòm nâng.

Ở Chợ Đồn - Chợ Đền cấu trúc nếp lồi Phia Khao thuận lợi cho tập trung quặng hóa Pb - Zn, với quy mô lớn, hàm lượng cao. Các nếp uốn nhỏ nằm trong cấu tạo đơn nghiêng như Nà Tùm, Ba Bò, Nà Bốp,... là nơi thuận lợi cho tích tụ quặng hóa Pb - Zn.

Phức nếp lồi lớn Phia Khao, các nếp lồi nhỏ, các nếp uốn rất thuận lợi cho tập trung quặng hóa. Thực tế cho thấy quy mô thân quặng ở trung tâm nếp lồi lớn hơn so với ở cánh. Ở đỉnh các nếp lồi nhỏ quặng hóa tập trung dạng thấu kính bề dày >5m, rộng >15m, bề dày thân quặng lớn nhất ở đỉnh nếp lồi, quặng phát triển lấp đầy theo mặt tách lớp, thay thế trao đổi với các lớp đá vôi. Đặc biệt tại khu vực nếp lồi Phia Khao, các đá carbonat giàu vật chất hữu cơ và đá hoa thường có thể nằm uốn nếp là điều kiện thuận lợi để lắng đọng và tích tụ quặng.

- Các đứt gãy, đới dập vỡ đóng vai trò là kênh dẫn dung dịch tạo quặng, đồng thời cũng là nơi tích tụ, lấp đầy quặng hóa.

Các kết quả nghiên cứu biến dạng khe nứt cũng cho thấy khu vực nếp lồi Phia Khao quặng Pb - Zn chủ yếu lấp nhét vào hệ thống khe nứt theo mặt lớp phương ĐB - TN và hệ khe nứt nằm trong đới đứt gãy có phương bắc ĐB - nam TN là hệ khe nứt cộng sinh trong pha biến dạng uốn nếp, liên quan đến đới căng dẫn của vòm nếp lồi Phia Khao (Tầng Đình Nam và nnk., 2016), tạo nên đới dăm kết vôi cùng với các mạch calcit, thạch anh chứa quặng Pb - Zn. Ở khu vực Chợ Đồn, quặng Pb - Zn nằm trong các đới phá hủy đứt gãy có phương á kinh tuyến (mỏ Nà Pốp), phương ĐB - TN (khu vực Nà Khắt) và TB- ĐN (Ba Bò) phản ánh cấu trúc nếp lồi đã bị biến dạng mạnh bởi các hệ thống đứt gãy phát sinh ngay sau quá trình uốn nếp. Ở khu Chợ Đồn tiếp tục bị biến dạng mạnh trong tân kiến tạo, làm biến dạng mạnh địa hình tạo các khối nâng, hạ khác nhau.

Trong khu vực có các hệ thống đứt gãy theo các phương khác nhau, nhưng đóng vai trò quan trọng nhất đối với tạo quặng chì - kẽm là hệ thống đứt đông bắc - tây nam, thứ đến là á kinh tuyến. Chiều rộng của đới dập vỡ dọc đứt gãy có chứa quặng dài 1,5 - 2m, ở phần cánh đứt gãy quặng phát triển theo mặt lớp trên 20m theo chiều vuông góc với phương mặt trượt, độ dày thân quặng giảm dần khi xa dần đứt gãy. Trong vùng quặng hóa vừa phát triển theo chiều sâu của đứt gãy vừa phát triển theo đường phương của đá ở cánh đứt gãy, hình thái tổng thể đới quặng có dạng răng lược.

* Yếu tố magma:

Đa số các nghiên cứu trước đây đều cho rằng các đá magma granit thuộc phức hệ Phia Bioc có liên quan nguồn gốc với quặng chì-kẽm trên cơ sở nghiên cứu tuổi đồng vị của zircon và chì. Trong quá trình nghiên cứu của dự án (Nguyễn Văn Niệm, Mai Trọng Tú và nnk., 2010; Tăng Đình Nam và nnk., 2016,) đã xác lập được tập đá granit và granit aplit chứa các nguyên tố Pb, Zn, Ag đều tăng cao so với Clack (Pb từ 2,5- 25 lần; Zn từ 2,5 - 13 lần, Ag từ 10 -20 lần, các nguyên tố khác như Cu, Mn, Co, Ni từ 2-6 lần. Các kết quả phân tích tuổi đồng vị galenit của các mỏ Chợ Điền, Chợ Đồn cho kết quả 215-250 triệu năm tương ứng với tuổi granit Tam Tao với cùng phương pháp phân tích. Dọc theo trục khối xâm nhập (phương đông bắc - tây nam), quặng hóa có tính phân đới ngang về phía tây khá rõ. Ví dụ tại mặt cắt Chợ Đồn - Chiêm Hóa thấy rõ tính phân đới từ khối granit Tam Tao có đới I là các điểm quặng đa kim chứa Sn, đới II là các mỏ và điểm quặng thuộc thành hệ sphalenit-galenit- pyrit. Từ đó cho thấy các thành tạo xâm nhập granitoid trong khu vực có liên quan chặt chẽ với quá trình tạo quặng chì- kẽm trong khu vực.

5.1.2. Dấu hiệu dự báo về quặng chì, kẽm ẩn sâu ở khu vực Chợ Đồn - Chợ Điền

Bảng 2. Hệ số $K = Pb/(Pb+Zn)$ của các khu mỏ thuộc khu vực nghiên cứu.

STT	Tên mỏ	Hệ số $K = Pb/(Pb+Zn)$	STT	Tên mỏ	Hệ số $K = Pb/(Pb+Zn)$
1	Mán - Suối	0,00	7	Nà Khắt	0,17
2	Bắc Lũng Hoài	0,01	8	Nà Bốp	0,60
3	Nam Lũng Hoài	0,01	9	Nà Tùm	0,66
4	Tây Phia Khao	0,04	10	Lũng Vàng	0,73
5	Bình Chài	0,26	11	Phù Sáp	0,79
6	Đèo An	0,44	12	Ba Bô	0,88

Kết quả tổng hợp tài liệu hiện có cho thấy khu vực nghiên cứu có nhiều triển vọng về quặng chì - kẽm ẩn. Các dấu hiệu minh chứng cho nhận định trên là:

- Các dấu hiệu tìm kiếm quan trọng là vết lộ quặng trên mặt, các vành tầng lẫn quặng, các mũ sắt hay các đới limonit hoặc sắt mangan là các dấu hiệu trực tiếp cho việc tìm kiếm các thân quặng chì - kẽm trên mặt và dự báo khả năng tồn tại dưới sâu như đã phát hiện ở khu Nà Tùm, Khuổi Khem...

- Quy mô quặng hóa: đới quặng ở La Poin Te có quy mô khá lớn, phần lộ trên mặt có chiều dài khoảng 5.000m, chiều rộng 750m. Theo Iu.V. Lir (Lir Iu. V., 1984), độ sâu thân quặng thường tương quan thuận với quy mô ($H = 0,6l$ với l là chiều dài thân quặng hoặc đới quặng), với quan điểm đó thì chiều sâu tồn tại các thân quặng (đới quặng) trong khu vực nghiên cứu đến 500m hoặc hơn so với bề mặt địa hình hiện tại.

- Biểu hiện khoáng sản ẩn, sâu: nhiều thân quặng đã gặp được đến độ sâu trên 100m, độ sâu gặp quặng lớn nhất trong các công trình khoan gần 300m (lỗ khoan LP88) ở Phia Khao.

- Độ sâu bóc mòn thân quặng: tỷ số $(Pb.Zn.Ba)/(Co.Ni.Sn)$ từ 10.907,4 - 29.054,1 (Bắc Lũng Hoài), 90.958,7 (Tây Bó Luông) đến 2.681.272,3 (Đèo An) . Với kết quả này cho thấy quặng chì, kẽm khu vực Chợ Điền - Chợ Đồn đặc trưng cho phần trên thân quặng.

Dựa vào tỷ lệ $K = Pb/(Pb+Zn)$ có thể xác định được mức độ bóc mòn quặng hóa, theo các nhà nghiên cứu thì mức độ bóc mòn thân quặng tương quan nghịch với hệ số này. Kết quả tính toán cho một số mỏ tổng hợp ở Bảng 2. Từ Bảng 2 cho thấy: theo hướng từ trung tâm đỉnh nếp lồi Phia Khao (Mán - Suối, Bắc Lũng Hoài, Nam Lũng Hoài, Tây Phia Khao) về phía cánh (phía đông - Đèo An và phía bắc - Bình Chài) mức độ bóc mòn giảm dần, đây là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến triển vọng quặng ẩn, sâu ở từng khu mỏ.

- Các dấu hiệu về khoáng vật quặng: kết quả phân tích microsond và QPDL-EPMA trên các khoáng vật quặng mỏ Chợ Điền, mỏ Bó Luông trong sphalerit hàm lượng Fe cao 10 -11% chứng tỏ quặng được thành tạo ở nhiệt độ cao, mặt khác trong sphalerit In đạt tới 0,105%, Bi là nguyên tố có hàm lượng cao trong galenit mỏ Bó Luông 1,63 - 2,34%. Điều đó chứng tỏ quặng hóa thuộc đới dưới, đới trên đã bị bào mòn mạnh. Còn lại các mỏ khác như Bắc Lũng Hoài, La Point, Bình Chai, Tây Bó Luông, Mán Suốc quặng hóa vẫn thuộc đới giữa.

Kết quả xác định tỷ lệ khoáng vật galenit/(galenit + sphalerit) cũng cho thấy galenit tăng dần từ trung tâm nếp lồi Phia Khao (Phia Khao, Bô Pen) về phía cánh nếp lồi (Bình Chai, Đèo An, Đầm Vạn), điều đó có thể dự đoán độ sâu bóc mòn ở phần đỉnh nếp lồi Phia Khao lớn hơn ở các khu vực Bình Chai, Đầm Vạn, Đèo An. Kết quả phân tích đơn khoáng sphalerit ở các mỏ vùng Chợ Đồn, hàm lượng Fe ở Pù Sáp (10,06%), Nà Bốp (9,54%), Nà Tùm (7,89%), Ba Bờ (8%), Lũng Váng (8,89%), hàm lượng Mn cao ở các mỏ Pù Sáp, Nà Bốp (0,14 - 0,53%), các mỏ Nà Tùm, Lũng Váng và Ba Bờ có hàm lượng thấp (0,06 - 0,09%) In trong sphalerit ở Pù Sáp 0,12 - 0,14%. ở Ba Bờ là 0,0 - 0,004%. Hàm lượng Sn trong sphalerit ở các mỏ Nà Bốp, Nà Tùm và Pù Sáp khá cao (0,002 - 0,38%);

trong khi đó ở khu Ba Bờ không có. Từ những kết quả trên có thể nhận định, phần lộ của mỏ Ba Bờ thuộc đới trên, như vậy đây là diện tích có triển vọng tồn tại quặng ẩn, sâu hơn các khu khác.

- Dị thường địa vật lý: kết quả đo từ đã xác định được 13 dải dị thường địa phương yếu, với biên độ chủ yếu là 30nT. Các dải dị thường này có thể liên quan với đứt gãy, đới biến đổi.

Kết quả đo trường chuyển đã xác định được 10 đới điện trở suất thấp, có giá trị điện trở suất chủ yếu nhỏ hơn 200Ωm, phát triển đến độ sâu trên 300m, chiều rộng của đới thay đổi từ 50m đến 600m (Tăng Đình Nam và nnk., 2016). Các đới dị thường điện trở suất thấp liên quan với đứt gãy, đới biến đổi, dập vỡ nứt nẻ có triển vọng chứa quặng ẩn, sâu.

- Dị thường địa hóa: sử dụng phương pháp thống kê một chiều (Đông Văn Nhi, Nguyễn Phương và nnk., 2006) và áp dụng công thức (1a, 1b, 1c) xác định giá trị bậc dị thường cho các nguyên tố chỉ thị trong tìm kiếm quặng chì kẽm khu vực Chợ Đồn - Chợ Điền (Bảng 3) (Tăng Đình Nam và nnk., 2016).

Dựa vào kết quả lấy mẫu kim lượng thứ sinh, đã thành lập các sơ đồ dị thường địa hóa thứ sinh (Tăng Đình Nam và nnk., 2016) cho các nguyên tố, As, Cu, Pb, Cd, Zn...

Bảng 3. Kết quả xác định giá trị bậc dị thường các nguyên tố chỉ thị TK Pb - Zn khu vực Chợ Đồn - Chợ Điền.

TT	Nguyên tố	Max	Min	Trung bình	Bậc I	Bậc II	Bậc III	Hệ số biến thiên (V%)
1	As	178,00	31,90	86,15	125,18	164,20	203,23	45,30
2	Cu	55,90	5,20	28,70	41,12	53,54	65,95	43,25
3	Pb	449,40	9,50	112,14	228,30	344,46	460,62	103,59
4	Sb	187,20	26,50	91,39	149,98	208,57	267,17	64,11
5	Zn	444,10	19,90	119,96	256,17	392,39	528,60	113,55

Bảng 4. Hệ số tương quan cặp giữa các nguyên tố tạo quặng khu vực Chợ Đồn - Chợ Điền.

	Ag	As	Ba	Cd	Cu	Pb	Sb	Sn	W	Zn
Ag	1,00									
As	-0,02	1,00								
Ba	-0,13	-0,08	1,00							
Cd	0,07	0,44	-0,27	1,00						
Cu	0,14	0,02	-0,23	0,50	1,00					
Pb	0,65	-0,02	-0,18	0,07	0,24	1,00				
Sb	0,87	0,01	-0,09	-0,01	0,12	0,60	1,00			
Sn	0,05	0,01	-0,13	0,17	0,27	0,24	0,10	1,00		
W	-0,01	0,06	0,09	0,09	0,32	0,12	0,04	0,26	1,00	
Zn	0,13	-0,04	-0,29	0,81	0,61	0,17	0,02	0,26	0,14	1,00

Kết hợp so sánh với cấu trúc địa chất và khoáng hóa cho thấy ở khu vực nghiên cứu có 5 trường dị thường địa hóa. Sự phân bố và đặc điểm các trường dị thường địa hóa có những nét đặc trưng sau:

+ Phần phía đông là các dị thường mạnh (Nà Tùm, Ba Bờ, Nà Bốp) và rất mạnh (Lũng Váng), đặc biệt có thêm các dị thường bậc cao của Sn.

+ Phần phía tây là các dị thường yếu (Nà Quan, Lương Bằng), được thể hiện ở hàm lượng dị thường thấp và đơn điệu (ít bậc) và không có dị thường Sn. Dù yếu hay mạnh nhưng tất cả các dị thường đều phù hợp hoặc trùng với vị trí khoáng hóa chì - kẽm đã phát hiện trong khu vực.

Mặt khác, mỗi trường dị thường và các dị thường riêng đều phản ánh được các đặc điểm cấu trúc địa chất, tính chất và mức độ khoáng hóa chì - kẽm khác nhau.

5.2. Kết quả áp dụng một số bài toán địa chất để luận giải và dự báo triển vọng quặng ẩn, sâu khu vực nghiên cứu

5.2.1. Xác lập mối quan hệ tương quan giữa các nguyên tố và giữa chúng với độ sâu phân bố quặng

- Kết quả tính mối quan hệ tương quan R (công thức 2, 2) của Pb và Zn với các nguyên tố theo kết quả phân tích mẫu địa hóa ICP tổng hợp ở Bảng 4.

Từ Bảng 4 cho thấy Pb, Zn có mối quan hệ chặt chẽ với Ag, Cd, Sb, Cu và giữa chúng có quan

hệ không chặt chẽ với W, Sn. Như vậy, các nguyên tố có vai trò chỉ thị cho tìm kiếm Pb, Zn bằng phương pháp địa hóa trong khu vực là Pb, Zn, Sb, Ag, Cd, Cu.

Mối quan hệ tương quan giữa các nguyên tố với độ sâu tạo quặng: để xác định mối quan hệ tương quan thống kê của các nguyên tố và giữa chúng với độ sâu tồn tại quặng hóa, tác giả tiến hành tính toán chi tiết cho 2 khu Lũng Hoài và Bình Chài. Hệ số tương quan thống kê của các thông số nghiên cứu được xác định theo công thức 2, 3. Kết quả nghiên cứu thể hiện dưới dạng ma trận tương quan cặp cho khu mỏ Lũng Hoài (Bảng 5) và khu mỏ Bình Chài (Bảng 6).

Từ Bảng 5, 6 rút ra kết luận sau:

- Đối với khu mỏ Lũng Hoài: các nguyên tố có quan hệ thuận khá chặt chẽ với nhau; trong đó As có quan hệ thuận với độ sâu tạo quặng, ngược lại Pb, Zn, S có quan hệ nghịch không chặt chẽ với độ sâu tạo quặng, có nghĩa xuống sâu hàm lượng As tăng, ngược lại Pb, Zn giảm. - Đối với khu mỏ Bình Chài: các nguyên tố tạo quặng có quan hệ thuận kém chặt chẽ với độ sâu tạo quặng; S và Pb có quan hệ khá chặt chẽ với nhau, phù hợp với kết quả phân tích khoáng vật.

- Kết quả xác định hệ số tương quan nêu trên, cho thấy chỉ có thể diễn đạt mối quan hệ phụ thuộc giữa Pb, Zn với độ sâu tồn tại quặng (H) dưới dạng phương trình hồi quy phi tuyến (bậc 2, 3...) hoặc dạng hình sin.

Bảng 5. Ma trận tương quan cặp giữa các nguyên tố với hệ số k và độ sâu tồn tại quặng khu mỏ Lũng Hoài.

	H	Pb	Zn	S	As	$K = Pb/(Pb+Zn)$
H	1.00	-0.26	-0.43	-0.32	0.55	0.22
Pb	-0.26	1.00	0.68	0.53	0.11	-0.07
Zn	-0.43	0.68	1.00	0.77	0.20	-0.41
S	-0.32	0.53	0.77	1.00	0.67	-0.25
As	0.55	0.11	0.20	0.67	1.00	0.08
$K = Pb/(Pb+Zn)$	0.22	-0.07	-0.41	-0.25	0.08	1.00

Bảng 6. Ma trận tương quan cặp giữa các nguyên tố với hệ số k và độ sâu tồn tại quặng khu mỏ Bình Chài.

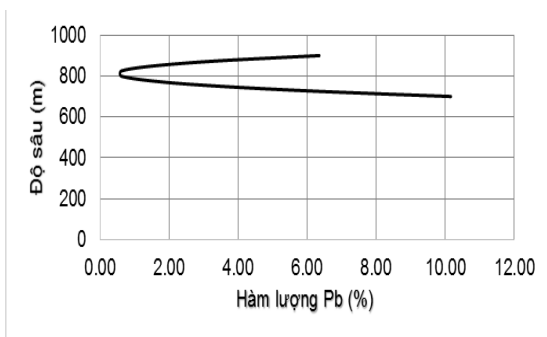
	H	Pb	Zn	S	$K = Pb/(Pb+Zn)$
H	1.000	0.286	0.367	0.367	-0.363
Pb	0.286	1.000	0.169	0.541	0.286
Zn	0.367	0.169	1.000	0.103	-0.624
S	0.367	0.541	0.103	1.000	0.042
$K = Pb/(Pb+Zn)$	-0.363	0.286	-0.624	0.042	1.000

5.2.2. Xác lập phương trình hồi quy điển đạt sự phụ thuộc của các nguyên tố Pb, Zn theo độ sâu

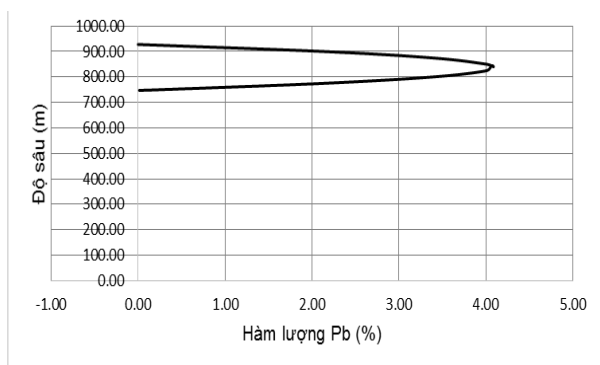
Để luận giải và dự báo định lượng độ sâu tồn tại quặng chì - kẽm trong khu vực, tiến hành xây dựng phương trình hồi quy điển đạt sự phụ thuộc của hàm lượng Pb, Zn theo độ sâu tồn tại (H) ở 2 khu mỏ đặc trưng cho khu vực nghiên cứu. Dựa vào tài liệu phân tích mẫu hóa cơ bản, sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu xác lập các dạng phương trình hồi quy điển đạt sự phụ thuộc của Pb, Zn với độ sâu tồn tại quặng. Sử dụng công thức 8 để lựa chọn phương trình hồi quy điển đạt sự phụ thuộc của Pb, Zn theo chiều sâu (H) phân bố quặng cho khu mỏ Lũng Hoài và khu mỏ Bình Chài. Kết quả như sau:

- Khu Lũng Hoài:

+ Đối với chì: Kết quả tính toán đã xác định được mối quan hệ giữa hàm lượng Pb với độ sâu phân bố (H) có thể quy nạp về dạng phương trình hồi quy bậc 2: $Y = 505,699 - 1,244 X + 0,001 X^2$; với hệ số tương quan hồi quy $\mu = 0,67$.



Hình 2. Đồ thị điển đạt sự phụ thuộc hàm lượng Pb theo độ sâu khu mỏ Lũng Hoài ($Y = 505,699 - 1,244 X + 0,001 X^2$; $\mu = 0,67$).

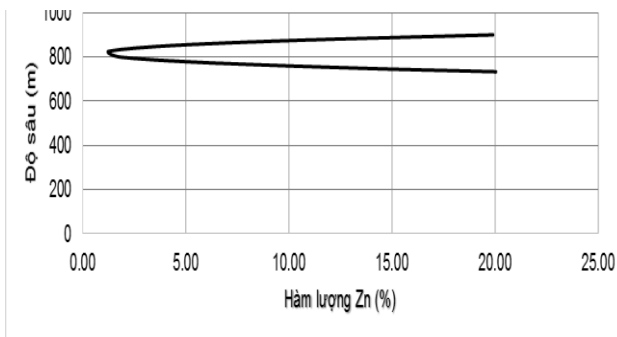


Hình 4. Đồ thị điển đạt sự phụ thuộc hàm lượng Pb theo độ sâu khu mỏ Bình Chài.

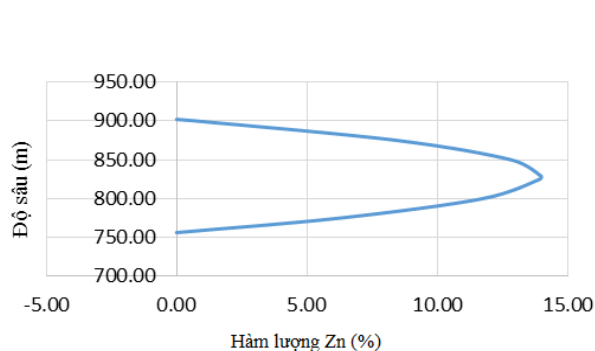
Dựa vào phương trình hồi quy và đồ thị (Hình 2), cho thấy quặng Pb phân bố tập trung ở 2 mức: mức trên từ cột + 850m trở lên bề mặt địa hình hiện tại (quặng lộ trên mặt) và mức dưới (quặng ẩn, sâu) từ cột + 780 m đến cột + 700m.

+ Đối với kẽm: Kết quả tính toán cho thấy phương trình hồi quy phản ánh sự phụ thuộc của kẽm (Y) theo độ sâu (H) hợp lý nhất là phương trình bậc 2: $Y = 1813,96 - 4,44X + 0,003 X^2$; với hệ số tương quan $\mu = 0,76$. Từ phương trình hồi quy và đồ thị (Hình 3) cho thấy Zn phân bố tập trung tương tự chì, mức trên từ cột + 850 m trở lên và mức dưới từ cột + 780 m đến cột + 730 m. Dựa vào phương trình hồi quy và đồ thị (hình 4), cho thấy khác với khu Lũng Hoài, ở Bình Chài quặng Pb chỉ phân bố tập trung ở độ sâu từ cột + 900 m đến cột + 750m.

+ Đối với kẽm: Kết quả tính toán cho thấy phương trình hồi quy phản ánh sự phụ thuộc của kẽm (Y) theo độ sâu (H) phù hợp nhất là phương trình bậc 2: $Y = -1791,566 + 4,35X - 0,0026X^2$; với hệ số tương quan $\mu = 0,89$.



Hình 3. Đồ thị điển đạt sự phụ thuộc hàm lượng Zn theo độ sâu khu mỏ Lũng Hoài ($Y = 1813,96 - 4,44X + 0,003 X^2$; $\mu = 0,76$).



Hình 5. Đồ thị điển đạt sự phụ thuộc hàm lượng Zn theo độ sâu khu mỏ Bình Chài.

- Khu Bình Chài:

+ Đối với chì: Kết quả tính toán cho thấy quan hệ giữa hàm lượng Pb với độ sâu phân bố có thể quy nạp về dạng phương trình hồi quy bậc 2: $Y = -384,0 + 0,84X - 0,0005X^2$; với hệ số tương quan hồi quy $\mu = 0,93$.

Dựa vào phương trình hồi quy và đồ thị (Hình 5) cho thấy Zn phân bố tập trung tương tự chì từ cột + 880 m đến cột + 770 m.

Tóm lại: Kết quả xác định mối quan hệ tương quan và xác lập phương trình hồi quy điển đạt sự phụ thuộc của Pb, Zn theo độ sâu (H) chỉ ra rằng trong khu vực nghiên cứu, ngoài các thân quặng lộ đã được phát hiện, đánh giá hoặc thăm dò, phần dưới sâu rất có triển vọng về quặng chì - kẽm, điều đó có nghĩa là trong khu vực có triển vọng về quặng Pb - Zn ẩn, sâu.

5.3. Kết quả dự báo tài nguyên

5.3.1. Phương pháp tính thẳng theo hệ số chứa quặng

Tài nguyên dự báo (có độ tin cậy tương ứng cấp tài nguyên suy đoán hay phỏng đoán (334b) được xác theo công thức 9, 10, 11, 12 và tài liệu thực tế thu thập được từ dự án (Tăng Đình Nam và nnk., 2016). Kết quả dự báo tài nguyên chì - kẽm ẩn sâu tổng hợp ở Bảng 7.

Từ Bảng 7, cho thấy tài nguyên quặng chì - kẽm ẩn, sâu trong khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền dự báo theo phương pháp tính thẳng đạt khoảng 62.716 nghìn tấn, tương ứng 3.082 nghìn tấn kim loại Pb + Zn, tập trung chủ yếu Phía Khao - Bô Pen LaPointe - Lũng Hoài - Mán - Suốc, Bình Chài - Cao Bình, Bô Luông - Đèo An, tiếp đến là Lũng Cháy-Suối Teo - Khuổi Khem, Ba Bô, Phù Sáp,... 5.3.2. Phương pháp tương tự địa chất

Tài nguyên dự báo tương ứng cấp 334b, được xác định tính theo công thức 13 và 14. Hệ số số tương tự E_{ij} tính theo công thức 15 (Bảng 8), diện tích chuẩn được lựa chọn là khu vực Bình Chài - Cao Bình. Đây là diện tích được nghiên cứu chi tiết và có nhiều cơ sở tài liệu để dự báo tài nguyên quặng ẩn, sâu so với các khu vực khác. Kết quả dự báo tài nguyên được tổng hợp ở Bảng 9.

Bảng 7. Kết quả dự báo tài nguyên chì, kẽm vùng Chợ Đồn - Chợ Đền theo phương pháp tính thẳng theo thông số chứa quặng.

TT	Khu mỏ dự báo	Diện tích (nghìn m ²)	Chiều sâu dự báo (m)	Hệ số chứa quặng (Kg)	Thể trọng (tấn/m ³)	TN quặng (nghìn tấn)	Hàm lượng Pb+Zn (%)	TN Pb+Zn (nghìn tấn)
1	Bình Chài - Cao Bình	1.300	250	0,015	3	7313	5,9	433
2	Phía Khao - Bô Pen La Pointe - Lũng Hoài- Mán - Suốc	3.100	250	0,014	3	16275	4,8	782
3	Bô Luông - Đèo An	3.100	250	0,013	3	14822	2,9	428
4	Lũng Cháy - Suối Teo - Khuổi Khem	970	250	0,014	3	5093	10,1	516
5	Đầm Vạn	150	100	0,011	3	248	7,0	17
6	Than Tàu	200	100	0,010	3	300	9,8	29
7	Khuổi Giang	100	100	0,010	3	150	3,8	6
8	Pu Quếng	300	100	0,010	3	450	2,7	12
9	Bành Tượng	200	100	0,011	3	330	3,5	12
10	Phù Sáp	600	200	0,013	3	2340	8,4	196
11	Nà Tùm	600	200	0,013	3	2340	4,8	113
12	Ba Bô	2.110	200	0,011	3	7121	3,1	220
13	Nà Bốp	1.000	200	0,012	3	3600	3,4	121
14	Lũng Váng	400	200	0,012	3	1458	6,1	90
15	Nà Khắt	300	150	0,013	3	878	12,2	107
	Tổng	14.430				62.716		3.082

Bảng 8. Mức độ tương tự của các khu mỏ để dự báo triển vọng quặng chì - kẽm ẩn, sâu.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
I	1														
II	0,88	1,00													
III	0,85	0,91	1,00												
IV	0,88	0,72	0,80	1,00											
V	0,29	0,30	0,30	0,31	1,00										
VI	0,44	0,31	0,34	0,41	0,69	1,00									
VII	0,60	0,52	0,65	0,61	0,46	0,71	1,00								
VIII	0,62	0,56	0,74	0,64	0,38	0,51	0,94	1,00							
IX	0,29	0,30	0,30	0,34	0,96	0,77	0,51	0,37	1,00						
X	0,82	0,69	0,83	0,91	0,34	0,46	0,76	0,82	0,35	1,00					
XI	0,80	0,72	0,84	0,88	0,44	0,56	0,75	0,74	0,51	0,94	1,00				
XII	0,75	0,65	0,76	0,82	0,46	0,65	0,80	0,74	0,53	0,89	0,95	1,00			
XIII	0,76	0,71	0,80	0,85	0,42	0,49	0,73	0,73	0,47	0,90	0,93	0,96	1,00		
XIV	0,81	0,75	0,85	0,88	0,39	0,58	0,76	0,74	0,47	0,89	0,95	0,92	0,85	1,00	
XV	0,83	0,72	0,78	0,88	0,17	0,23	0,58	0,68	0,18	0,91	0,81	0,75	0,67	0,68	1,00

I - Bình Chai - Cao Bình; II - Phía Khao - Bô Pen LaPointe - Lũng Hoài - Mán - Suối; III - Bô Luông - Đèo An; IV - Lũng Cháy - Suối Teo - Khuổi Khem; V - Đầm Vạn; VI - Than Tàu; VII - Khuổi Giang; VIII - Pu Quếng; IX - Bành Tượng; X - Phù Sáp; XI - Nà Tùm; XII - Ba Bờ; XIII - Nà Bốp; XIV - Lũng Váng; XV - Nà Khắt.

Bảng 9. Tài nguyên dự báo quặng chì - kẽm khu vực Chợ Đồn - Chợ Đền theo phương pháp tương tự.

STT	Khu mỏ dự báo	Diện tích (nghìn m ²)	Tài nguyên trên diện tích chuẩn (q _c)	Hệ số tương tự (E _{ij})	Hàm lượng Pb+Zn (%)	TN (Pb+Zn) (nghìn tấn)
1	Bình Chai - Cao Bình	1.300	4,87	1,00	5,9	375
2	Phía Khao - Bô Pen LaPointe - Lũng Hoài - Mán - Suối	3.100		0,88	4,8	640
3	Bô Luông - Đèo An	3.100		0,85	2,9	371
4	Lũng Cháy - Suối Teo - Khuổi Khem	970		0,88	10,1	420
5	Đầm Vạn	150		0,29	7,0	15
6	Than Tàu	200		0,44	9,8	42
7	Khuổi Giang	100		0,60	3,8	11
8	Pu Quếng	300		0,62	2,7	25
9	Bành Tượng	200		0,29	3,5	10
10	Phù Sáp	600		0,82	8,4	201
11	Nà Tùm	600		0,80	4,8	113
12	Ba Bờ	2.110		0,75	3,1	239
13	Nà Bốp	1.000		0,76	3,4	125
14	Lũng Váng	400		0,81	6,1	97
15	Nà Khắt	300		0,83	12,2	148
Tổng		14.430				2.831

Từ Bảng 9, cho thấy tài nguyên dự báo quặng chì - kẽm ẩn sâu trong vùng Chợ Đồn - Chợ Đền theo phương pháp tương tự địa chất đạt khoảng 2.831 nghìn tấn kim loại Pb + Zn, tập trung chủ yếu ở Phía Khao- Bô Pen, LaPointe- Lũng Hoài- Mán - Suối, Bình Chai - Cao Bình, Bó Luông - Đèo An; tiếp đến là Lũng Cháy-Suối Teo-Khuổi Khem, Ba Bờ, Phù Sáp,...

Kết quả dự báo bằng phương pháp sinh khoáng định lượng cho thấy tổng tài nguyên quặng ẩn, sâu trong khu vực khá lớn, khoảng 2.831 nghìn tấn đến 3.082 nghìn tấn (Pb + Zn).

6. Kết luận và kiến nghị

6.1. Kết luận

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

- Yếu tố khống chế và liên quan quặng hóa chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu là magma, cấu trúc kiến tạo và thạch địa tầng. Tuy nhiên, đối với mỗi kiểu quặng thì vai trò của các yếu tố này là khác nhau. Nguyên tố chỉ thị tìm kiếm quặng chì kẽm trong khu vực là Pb, Zn, Sb, Ag, Cd, Cu.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết các đới quặng (thân quặng) có mức độ bóc mòn thuộc phần trên đến phần giữa. Kết quả đo địa vật lý chỉ ra rằng quặng chì - kẽm trong vùng Chợ Đồn - Chợ Đền có thể tồn tại đến độ sâu từ 100 m đến 500 m (Bó Luông - Đèo An) so với bề mặt địa hình hiện tại.

- Kết quả phân tích mối quan hệ giữa quặng hóa theo độ sâu tồn tại (H) bằng mô hình thống kê hai chiều cho thấy quặng chì - kẽm trong khu vực nghiên cứu chủ yếu tập trung từ cột +900m đến cột+770m (phần lộ trên mặt) và độ cao dưới cột +770 m đến cột+ 300 m (phần quặng ẩn sâu), có thể còn sâu hơn.

- Kết quả dự báo tài nguyên quặng ẩn sâu theo phương pháp sinh khoáng định lượng (tính từ độ sâu 100 - 500m so với bề mặt địa hình hiện tại, tương ứng độ sâu từ cốt +770m đến cốt +300m) là khá lớn, khoảng 2.831 - 3.082 nghìn tấn (Pb + Zn). Tài nguyên tập trung chủ yếu ở Phía Khao- Bô Pen, LaPointe - Lũng Hoài - Mán - Suối, Bình Chai - Cao Bình, Bó Luông - Đèo An; tiếp đến là Lũng Cháy - Suối Teo - Khuổi Khem, Ba Bờ, Phù Sáp.

6.2. Kiến nghị

- Khu vực nghiên cứu có tiềm năng lớn về quặng chì - kẽm của nước ta, cần tiếp tục đầu tư điều tra đánh giá; đặc biệt quặng ẩn, sâu nhằm gia tăng tài nguyên quặng chì - kẽm cho đất nước nói chung, khu vực nghiên cứu nói riêng. Trước mắt, đối với quặng chì - kẽm cần tập trung nghiên cứu, điều tra đánh giá ở các khu Khao - Bô Pen, LaPointe - Lũng Hoài - Mán - Suối, Bình Chai - Cao Bình, Bó Luông - Đèo An; tiếp đến là Lũng Cháy - Suối Teo - Khuổi Khem, Ba Bờ, Phù Sáp.

- Để điều tra đánh giá quặng ẩn, sâu cần áp dụng tổ hợp phương pháp nghiên cứu cấu trúc chứa quặng, kết hợp phương pháp địa hóa, địa vật lý và một số bài toán địa chất để khoanh định diện tích triển vọng và dự báo độ sâu tồn tại quặng; Cần kiểm tra bằng một số lỗ khoan sâu để kiểm chứng kết quả dự báo theo tài liệu địa chất - địa hóa - địa vật lý và các phương pháp toán địa chất trong luận giải và dự báo triển vọng quặng ẩn, sâu trình bày trong bài báo này.

Lời cảm ơn

Nội dung bài báo nhằm công bố một số kết quả nghiên cứu mới đạt được trong quá trình thực hiện dự án: “Đánh giá triển vọng khoáng sản ẩn sâu (Pb - Zn, Au - Sb) và các khoáng sản khác ở các vùng có triển vọng thuộc đông nam đới Lô Gâm” do Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản chủ trì. Tác giả chân thành cảm ơn Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản tạo điều kiện cho chúng tôi tham gia thực hiện dự án để có cơ sở tài liệu viết bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Tuấn Anh, 2010. Cấu trúc địa chất và tiềm năng quặng Pb - Zn dạng tầng miền Đông Bắc Bộ. *Tạp chí địa chất*, số 320, Hà Nội.

Đỗ Quốc Bình, 2005. Nghiên cứu xác lập triển vọng quặng chì- kẽm, vàng và các khoáng sản khác đi kèm vùng Phía Dạ-Nà Cang, các tỉnh Cao Bằng và Bắc Kạn. *Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam*, Hà Nội.

Hồ Vương Bình, 1974. Báo cáo “Áp dụng các phương pháp địa hóa tìm kiếm chì kẽm vùng Chợ Đồn, Bắc Thái”. *Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản*, Hà Nội.

Dương Công Khiêm, 1984. Báo cáo “Kết quả công tác thăm dò tỉ mỉ các mỏ quặng oxit và sulfua

- chì kẽm Chợ Điền – Bắc Thái”. *Trung tâm Lưu trữ thông tin Địa chất, Hà Nội.*
- Tăng Đình Nam, Chu Văn Lam, Nguyễn Phương, 2016. Đánh giá triển vọng khoáng sản ẩn, sâu (Pb-Zn, Au-Sb) và các khoáng sản khác ở các vùng có triển vọng thuộc đông nam đới Lô Gâm. *Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản.*
- Nguyễn Văn Niệm, 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.*
- Đồng Văn Nhì, Nguyễn Phương, Nguyễn Văn Lâm, Lương Quang Khang, 2006. Phương pháp xử lý thông tin địa chất. Bài giảng dùng cho học viên cao học và nghiên cứu sinh ngành kỹ thuật địa chất. *Trường đại học Mỏ - Địa chất.*
- Đặng Xuân Phong, Nguyễn Phương, 2008. Bài giảng Phương pháp tìm kiếm và dự báo định lượng tài nguyên khoáng sản. *Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.*
- Đặng Trần Quân, Nguyễn Xuân Trường, 1993. Báo cáo tổng hợp khoáng sản phần điều chỉnh phương án tìm kiếm đánh giá Pb – Zn vùng Chợ Điền - Chợ Đồn. *Trung tâm Lưu trữ thông tin Địa chất, Hà Nội.*
- Nguyễn Kinh Quốc, 1974. Địa chất và Khoáng sản 1:200.000 tờ Bắc Cạn (F-48-XVI). *Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội.*
- Trần Văn Trị, Thái Quý Lâm, Phan Cự Tiến, 2009. Tài nguyên khoáng sản Việt Nam. *Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội.*
- Nguyễn Xuân Trường, 1995. Báo cáo kết quả tìm kiếm đánh giá chì - kẽm vùng Nam Chợ Đồn, Bắc Thái. *Trung tâm Lưu trữ thông tin Địa chất, 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.
- Trophimov, N. N., Rutrkov, A. I., 1999. Tìm kiếm các mỏ khoáng sản bằng phương pháp địa hóa. Bản tiếng Nga.

ABSTRACT

Application of some geological properties for surveillance prospects and Pb-Zn prospects for landscape only

Phuong Nguyen ¹, Hang Thu Thi Nguyen ², Nam Dinh Tang ³, Houmphavanh Phatthana ⁴

¹ Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam.

² Geophysical division, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, Vietnam

³ Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources, Vietnam

⁴ Research student in the Lao People's Democratic Republic, Vietnam

This article introduces research/studies results obtained by the application of traditional and the latest methods to predict the depth occurrence and assess the prospect of lead and zinc ores in Chợ Đồn - Chợ Điện area. The results of the study draw the following conclusions: (1) The factors controlling and involving lead - zinc ore mineralization in the research area are magma, tectonic structure and stratigraphic lithosphere; (2) In the research area, the Sb, Ag, Cd, Cu elements are closely related to Pb and Zn. To find zinc lead ore in the area by geochemical method, in addition to Pb, Zn needs to use the combination of elementary indications is Sb, Ag, Cd, Cu. That most of the ore zone (ore bodies) have the degree of denudation from the middle part to the upper part. Using a two-dimensional statistical method to determine the correlation between the ore - forming elements and the depth of ore occurrences in the area and to

permit the prediction of the ore's depth; (3) Results from equation of regression show that lead-zinc ore is mainly concentrated from cost + 900m to cost+ 770m (upper surface) and from cost +770 m deep up to cost + 300 m (hidden ore, deep) or deeper. Two - dimensional statistical method was used to determine the correlation between the ore-forming elements and the depth of ore occurrences in the area and to permit the prediction of the ore's depth. Research results show that lead - zinc ore is mainly concentrated from + 900m to + 770m (surface) and from +770 m deep (hidden ore, deep) up to + 300m or deeper; (4) The results of hidden ore resources forecast by quantitative forecasting method (from the depth of 100 - 500m compared to the current terrain in each area, respectively from the cost + 770m to cost + 300m) in the area. The research area is about 2,831 - 3,082 thousand tons (Pb + Zn), corresponding to the surface that has been investigated and explored, mainly concentrated in Phia Khao - Bo Pen, LaPointe - Lung Hoai - Man - Suoc, Binh Chai - Cao Binh, Bo Luong - Đeo; next is Lung Chay - Suoi Teo - Khuoi Khem, Ba Bo và Phu Sap.