

ỨNG DỤNG MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TOÁN ĐỊA CHẤT TRONG PHÂN CHIA KIỂU MỎ ĐỒNG ĐỚI PHAN SI PAN, TÂY BẮC VIỆT NAM

PHAN VIỆT SƠN, NGUYỄN TIẾN DŨNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

NGUYỄN CHÍ CÔNG - *Trường Đại học-Tài nguyên*

Email: phanvietson_humg@yahoo.com.vn

1. Tổng quan

Các mỏ đồng trên thế giới rất đa dạng, thuộc nhiều nhóm mỏ có nguồn gốc khác nhau. Trong số các mỏ công nghiệp của đồng, người ta chia ra: mỏ magma, mỏ carbonatit, mỏ skarn, mỏ nhiệt dịch pluton (đồng porphyr), mỏ konchedan, mỏ stratiform (đá phiến và cát kết chứa đồng). Các kiểu mỏ này có quy mô và giá trị kinh tế rất khác nhau. Cụ thể, các mỏ đồng porphyr chiếm từ 65÷70 % trữ lượng đã được xác nhận của thế giới, đá phiến và cát kết chứa đồng chiếm từ 15÷20 %; các mỏ konchedan chiếm 5÷8 %, các mỏ sulfua Cu-Ni chiếm 2÷2,5 %, các mỏ skarn chiếm 2÷4 %, mỏ carbonatit chiếm 0,5÷0,75 [6]. Vì vậy, việc nghiên cứu xác định rõ các kiểu mỏ trong khu vực nào đó là đặc biệt quan trọng và cần thiết; giúp các nhà nghiên cứu có cơ sở khoa học trong việc đánh giá tiềm năng tài nguyên và giá trị kinh tế tài nguyên-khoáng sản đồng, phục vụ có hiệu quả cho công tác tìm kiếm, thăm dò và phát triển mỏ trong khu vực.

Khoáng sản đồng trong Đới Phan Si Pan từ lâu đã được các nhà địa chất trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu. Các kết quả nghiên cứu đều khẳng định quặng đồng phân bố trong nhiều thành tạo địa chất khác nhau đá biến chất trao đổi, gneis biotit bị micmatit hoá thuộc hệ tầng Sin Quyền, hệ tầng Sa Pa và hệ tầng Viên Nam. Hiện nay, trong phạm vi đới Phan Si Pan đã có một số mỏ đồng đã thăm dò và đưa vào khai thác mang lại hiệu quả kinh tế lớn cho đất nước như: mỏ Sin Quyền, Lũng Pô, Làng Phát-An Lương,... Song, vấn đề nguồn gốc quặng hay các kiểu mỏ đồng công nghiệp hiện vẫn còn nhiều quan điểm chưa thống nhất, thậm chí trái ngược nhau. Do vậy, việc nghiên cứu phân

chia các kiểu mỏ (nhóm mỏ) đồng thời làm cơ sở phân vùng triển vọng, dự báo tài nguyên; đặc biệt đối với quặng ẩn sâu và giá trị kinh tế tương ứng từng kiểu mỏ (nhóm mỏ) trong đới Phan Si Pan là cần thiết. Bài báo giới thiệu kết quả phân chia kiểu mỏ đồng trong đới Phan Si pan trên cơ sở áp dụng một số phương pháp toán địa chất

2. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cách tiếp cận

➤ Cách tiếp cận thực tế: thông qua việc khảo sát, thu thập, xử lý và phân tích số liệu thực tế về cấu trúc địa chất, đặc điểm hình thái, cấu trúc các thân khoáng và các số liệu liên quan.

➤ Tiếp cận các thành tựu khoa học công nghệ tiến tiến ở trong nước và ngoài nước để lựa chọn ra các phương pháp nghiên cứu có hiệu quả. Cụ thể là ứng dụng các phần mềm xử lý số liệu chuyên dụng giải các bài toán logic trong phân chia kiểu mỏ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

a. Phương pháp thu thập, tổng hợp, đối sánh tài liệu

Tác giả tiến hành thu thập, tổng hợp tài liệu hiện có đang được lưu giữ tại các cơ sở lưu trữ địa chất của Trung ương và địa phương về các mỏ đồng phân bố trong phạm vi đới cấu trúc Phan Si Pan. Tác giả tiến hành khảo sát thực địa, lấy mẫu phân tích đối sánh với các kết quả nghiên cứu trước đây tại một số khu mỏ điển hình.

b. Phương pháp toán địa chất

Như chúng ta đã biết, mỗi đối tượng địa chất (mỏ khoáng) chứa đựng rất nhiều thông tin (tính chất); các tính chất đó gồm tính chất định tính và định lượng. Vấn đề đặt ra rất quan trọng đối với nhà địa chất là phải biết lựa chọn các loại thông tin

có vai trò cao để giải quyết có hiệu quả nhiệm vụ nghiên cứu của mình và giảm bớt khối lượng các công việc không cần thiết,... Trong các thông số thu nhận được, một vấn đề đặt ra là: nhà nghiên cứu cần phải xác định được đâu là các thông số chính (chủ yếu hay chủ đạo) liên quan đến quặng hóa và loại bỏ các thông số không cần thiết. Để giúp cho nhà địa chất, khai thác mỏ phân chia các kiểu mỏ đồng thời làm cơ sở phân vùng triển vọng, dự báo tài nguyên có thể sử dụng tổ hợp bài toán phân chia các đối tượng địa chất thành từng nhóm đối tượng và quy nạp đối tượng nghiên cứu vào nhóm các đối tượng chuẩn.

Trong bài báo, tác giả giới thiệu kết quả áp dụng hai bài toán địa chất để phân chia kiểu mỏ (nhóm mỏ) đồng cho khu vực nghiên cứu, đó là: bài toán phân chia các đối tượng địa chất thành từng nhóm đối tượng; quy nạp đối tượng nghiên cứu vào nhóm các đối tượng chuẩn.

Nội dung các bài toán được trình bày chi tiết trong [5], [6].

3. Khái quát về khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bao gồm các thành tạo Neoarkei-Mesoproterozoi đến Kainozoi: gồm hệ tầng Suối Chiềng (NA_{sc}), hệ tầng Sin Quyền (PP_{sq}) được xếp vào loạt Xuân Đài, hệ tầng Cha Pả (NP_{sp}), hệ tầng Đá Đỉnh (NP- ϵ_1 đđ), hệ tầng Thạch Khoán (NP- ϵ_1 tk), hệ tầng Cam Đường (ϵ_1 cđ), hệ tầng Bến Khé (ϵ -O bk), hệ tầng Sinh Vinh (O₃-S sv), hệ tầng Bó Hiềng (S₂ bh), hệ tầng Sông Mua (D₁ sm), hệ tầng Bản Nguồn (D₁ bn), hệ tầng Bản Páp (D₁₋₂ bp) và hệ tầng Bản Cải (D₃ bc), hệ tầng Viên Nam (T₁ vn), hệ tầng Suối Bàng (T_{3n-r} sb), hệ tầng Nậm Thếp (J₁₋₂ nt), hệ tầng Văn Yên (N₁² vy), hệ tầng Phan Lương (N₁³ pl), hệ tầng Cổ Phúc (N₁³ cp) và các trầm tích bờ rời hệ Đệ tứ (Q). Các kết quả nghiên cứu cho thấy quặng đồng phân bố trong nhiều thành tạo địa chất khác nhau đá biến chất trao đổi, gneis biotit bị micmatit hoá thuộc hệ tầng Sin Quyền, hệ tầng Sa Pa và hệ tầng Viên Nam.

3.1. Khu mỏ đồng Sin Quyền

➤ Đặc điểm địa chất quặng hóa: Các thành tạo địa chất chứa quặng chủ yếu của khu mỏ đồng Sin Quyền là các trầm tích biến chất của phân hệ tầng Sin Quyền trên có tuổi Proterozoi phân bố thành một dải lớn, chiếm gần hết diện tích phần trung tâm diện tích thăm dò. Thành phần gồm có gneisbiotit, đá phiến kết tinh thạch anh 2 mica bị micmatit hóa, đá hoa với đường phương chung $320^{\circ} \pm 140^{\circ}$ cắm về phía Đông Bắc với góc dốc từ $50^{\circ} \pm 80^{\circ}$. Các hiện tượng biến đổi như sau: Skarn

hóa, hactingsit hóa, biotit hóa, epydot hóa, carbonat hóa, migmatit hóa.

➤ Đặc điểm thành phần vật chất quặng:

✦ Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy khu mỏ đồng Sin Quyền có các khoáng vật tạo quặng điển hình như sau: chalcopyrit; pyrotin; pyrit; magnetit; macazit; menicovit; azurit; malachit; sfalerit; limonit; goethit; inmenit; apatit; chancozin; covelin; uraninit; orthit; cacbonat đất hiếm; ferithori; spen; sinchizit; đồng tự sinh; vàng và bạc tự sinh. Các khoáng vật phi quặng bao gồm: thạch anh; biotit; amphibol (horblend-am); felspat (plagiocla axit-pl và felspat kali-fk); calcit;

✦ Đặc điểm thành phần hóa học quặng: trong quá trình thăm dò các thân quặng đồng trên khu mỏ Sin Quyền đã tiến hành lấy và phân tích hoá cơ bản và mẫu hoá nhóm cho hàm lượng đồng trung bình là 1,07 %. Kết quả phân tích 13 mẫu quang phổ ICP SP cho thấy: hàm lượng Cu trung bình 0,6931 %; hàm lượng Au trung bình 0,0103 ‰; hàm lượng Fe trung bình 23,5335 %; hàm lượng La trung bình 0,0122 %; hàm lượng Ce trung bình 0,0171 %,....;

✦ Đặc điểm cấu tạo và kiến trúc quặng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy khu mỏ đồng Sin Quyền có các cấu tạo và kiến trúc sau: cấu tạo xâm tán; khối đặc xít; tàn dư thay thế; keo; đất; dạng xen lấp (dạng mạch, vi mạch); dạng dăm kết vành riềm; kiến trúc hạt tự hình; hạt tha hình; hạt tàn dư; mảnh vụn; keo; khung-xương; phân hủy dung dịch cứng; chùm tia; lưới;

➤ Đặc điểm trường địa hóa. Kết quả nghiên cứu đã xác định được 6 nguyên tố: Ni, Pb, Co, Zn, Cu, Cr là có giá trị thông tin cao với xác suất trên 90 % và xác lập được tổ hợp các nguyên tố đồng sinh gồm Cu, Ni, Co, Cr và Pb, Zn, Cu tương đương với hai quá trình khoáng hoá chồng của hai nhóm nguyên tố không hoàn toàn tách biệt (Cu-Cr-Co-Ni) và (Cu-Pb-Zn);

➤ Đặc điểm trường địa vật lý. Kết quả cho thấy: cường độ phóng xạ từ $60 \pm 320 \gamma$. Vía có cường độ xạ từ 100 γ trở lên thì chiều dày không lớn, cá biệt có những nơi có cường độ phóng xạ lớn hơn 1000 γ . Những vía quặng có cường độ phóng xạ từ 120 γ trở lên chỉ liên quan mật thiết với nhóm quặng đồng sắt đất hiếm, còn nhóm đồng đất hiếm chứa rất ít quặng phóng xạ hoặc không có.

3.2. Khu mỏ đồng Tả Phời

➤ Đặc điểm địa chất quặng hóa: trong khu mỏ đồng Tả Phời các thành tạo địa chất chứa quặng đồng chủ yếu là các trầm tích biến chất chính của phân hệ tầng Sin Quyền trên tuổi Proterozoi.

Thành phần chủ yếu gồm: đá phiến thạch anh-biotit, đá phiến thạch anh-biotit có graphit, đá phiến felspat-thạch anh-biotit, đá phiến thạch anh-hai mica có granat, xen thấu kính mỏng amphibolit và thấu kính đá hoa có phlogopit, dày khoảng 600 m. Các hiện tượng biến đổi đá vây quanh gồm: pyrit hóa, skarn hoá và hiện tượng biến đổi nhiệt dịch?

➤ Đặc điểm thành phần vật chất quặng:

✦ Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng: các kết quả nghiên cứu cho thấy các khoáng vật tạo quặng điển hình trong khu mỏ bao gồm: chalcopyrit; cubanit; pyrit; pyrotin; molybdenit; magnetit; hematit; marcasit; covelit; melnicovit; goethit; azurit; malachit. Các khoáng vật phi quặng bao gồm: thạch anh; calcit;

✦ Đặc điểm thành phần hóa học quặng: trong quá trình tìm kiếm và thăm dò các thân quặng đồng trên khu mỏ Tả Phời đã tiến hành lấy và phân tích hoá cơ bản và mẫu hoá nhóm cho hàm lượng đồng trung bình là 0,413 %. Kết quả phân tích 13 mẫu quang phổ ICP SP cho thấy: hàm lượng Cu trung bình 0,2434 %; Au trung bình 0,0071 ‰; Fe trung bình 8,5079 %; Er trung bình 0,0406 %; La trung bình 0,0025 %; Ce trung bình 0,0397 %,....;

✦ Đặc điểm cấu tạo và kiến trúc quặng: quan sát ngoài thực tế kết hợp với tìm hiểu trên mẫu mài láng và các kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy trong khu mỏ có các cấu tạo, kiến trúc chính sau: cấu tạo xâm tán; cấu tạo xâm tán dạng dải; cấu tạo dạng xen lớp (dạng mạch, vi mạch); cấu tạo khối (ổ) đặc xít; cấu tạo keo; kiến trúc hạt nửa tự hình; kiến trúc hạt tha hình; kiến trúc keo; kiến trúc hạt tàn dư; kiến trúc mảnh vụn.

➤ Đặc điểm trường địa hóa: kết quả nghiên cứu đã xác định được 6 nguyên tố: Ni, Pb, Co, Zn, Cu, Cr là có giá trị thông tin cao với xác suất trên 90 % và xác lập được tổ hợp các nguyên tố đồng sinh gồm Cu, Ni, Co, Cr và Pb, Zn, Cu tương đương với hai quá trình khoáng hoá chondrit với hai nhóm nguyên tố không hoàn toàn tách biệt là (Cu-Ni-Cr-Co) và (Cu-Pb-Zn).

➤ Đặc điểm trường địa vật lý: kết quả nghiên cứu đã phát hiện được 53 dải dị thường vật lý nằm song song với nhau và kéo dài cùng một hướng chung với cấu trúc địa chất khu vực là Tây Bắc-Đông Nam với chiều dài từ 600÷2000 m và chiều rộng thay đổi từ vài chục đến 200 m. Đồng thời làm rõ đặc điểm phân bố đới khoáng hóa đồng theo chiều sâu từ mặt đến độ sâu khoảng 100 m.

3.3. Khu mỏ đồng Lũng Pô

➤ Đặc điểm địa chất quặng hóa: Các thành tạo địa chất chứa quặng chủ yếu thuộc hệ tầng Viên Nam bao gồm các thành tạo phun trào mafic có

tuổi Permi muộn-Trias sớm. Chúng phân bố dọc bờ phải Sông Hồng nằm ở rìa phía đông của phức nếp lồi Hoàng Liên Sơn. Thành phần của đá phun trào gồm andesit, andesitobasalt, monsoniorit, micromonsoniorit, diorit porphy. Các hiện tượng biến đổi đá vây quanh là skarn hoá, carbonat-clorit hoá, sericit-clorit hoá, propylit hoá.

➤ Đặc điểm thành phần vật chất quặng:

✦ Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng: đặc điểm các khoáng vật tạo quặng nguyên sinh bao gồm các khoáng vật sau: chalcopyrit; bornit; magnetit; pyrit; hematit; vàng tự sinh. Các khoáng vật thứ sinh bao gồm malachit, azurite, covelin, chancozin, hydrogothit, bornit, đôi khi gặp limonit. Các khoáng vật phi quặng là những khoáng vật tạo đá biến chất trao đổi nhiệt dịch có liên quan với quá trình tạo quặng, bao gồm: thạch anh vi hạt, epidot, chlorit sắt, sericit, biotit, muscovit, granat, piroxen, actinolit, carbonat;

✦ Đặc điểm thành phần hóa học quặng: kết quả xử lý thống kê tập mẫu hóa cơ bản theo các phân khu cho hàm lượng đồng trung bình phân khu A là 0,283 %, phân khu B là 0,318 %, phân khu C là 0,211 %. Kết quả phân tích mẫu nung luyện cho thấy: hàm lượng Au trung bình 0,56 g/T; Ag trung bình 6,7 g/T. Kết quả phân tích 5 mẫu quang phổ ICP SP cho thấy: Hàm lượng Cu trung bình 0,1513 %; Fe trung bình 16,1550 %; Er trung bình 0,0806 %,....;

➤ Đặc điểm cấu tạo và kiến trúc quặng: cấu tạo quặng phổ biến và đặc trưng là: mạch, mạng mạch, xâm nhiễm, ổ, dải, đốm, xi măng gắn kết, xuyên lớp, khối, đặc xít. Kiến trúc quặng phổ biến là hạt tha hình, hạt nửa tự hình, tấm tha hình (chalcopyrit, bornit, magnetit), phân hủy dung dịch cứng (bornit, chalcopyrit), kim que, tỏa tia, hạt gặm mòn, song tinh mọc ghép,... Nhóm kiến trúc thứ sinh của quặng nguyên sinh đặc trưng là tấm, hạt, bị nứt nẻ, hạt bị cà nát, tái kết tinh,...

➤ Đặc điểm trường địa hóa: để nhận thức các đặc trưng cơ bản của trường địa hóa và xác định tổ hợp các nguyên tố đồng sinh trong khu mỏ đồng Lũng Pô, tác giả sử dụng một số thuật toán logic, toán địa chất trong xử lý tài liệu địa hóa. Kết quả xác định được 6 nguyên tố: Mo, Pb, Cu, Ni, Co, Zn là có giá trị thông tin cao với xác suất trên 90 % và xác lập được tổ hợp các nguyên tố đồng sinh gồm Ni, Co, Cu. Cu có quan hệ tương quan khá chặt chẽ với Pb, Zn.

➤ Đặc điểm trường địa vật lý: căn cứ vào kết quả đo đạc, phân tích, kết hợp với các tài liệu địa chất của Công ty phát triển khoáng sản III, đã thành lập được 3 đới dị thường đo điện.

3.4. Khu mỏ đồng Làng Phát-An Lương

➤ Đặc điểm địa chất quặng hóa: các thành tạo địa chất chứa quặng bao gồm các thành tạo của phân hệ tầng Sin Quyền trên và các thành tạo hệ tầng Sa Pa dưới. Các đá của hệ tầng Sin Quyền trên phân bố khá rộng rãi trong khu mỏ. Chúng lộ thành các dải kéo dài theo hướng Tây Bắc-Đông Nam đôi khi có dạng đẳng thước và thường tiếp xúc kiến tạo với các thành tạo địa chất kề cận.

Các hiện tượng biến đổi đá vây quanh gồm: thạch anh hóa, clorit hóa, sericit hóa, calcit hóa.

➤ Đặc điểm thành phần vật chất quặng: các kết quả nghiên cứu cho thấy khu mỏ đồng Làng Phát đã phát hiện được các khoáng vật quặng tương đối đa dạng gồm pyrit, pyrotin, chalcopirit, magnetit, galenit, ilmenit, sfen, rutin, magnetit, ilmenorutin, sfalerit, manhicovit, bocnit, chalcozin, covelin, tenorit, Cu tự sinh, vàng tự sinh, malachit, azurit, hematit, limonit; khu mỏ đồng An Lương phát hiện được các khoáng vật quặng và khoáng vật phi quặng như sau: chalcopirit, bornit, magnetit, hematit, rutin, ilmenit, pyrit, chalcozin, covelin, cuprit, đồng tự sinh. Thứ sinh có malachit, limolit các khoáng vật mạch có thạch anh, calcit, dolomit. Khoáng vật quặng chủ yếu phổ biến là chalcopirit, bornit, khoáng vật phi quặng chủ yếu và phổ biến là thạch anh, dolomit.

➤ Đặc điểm thành phần phân hóa học quặng: trong quá trình tìm kiếm và thăm dò các thân quặng đồng trên khu mỏ Làng Phát-An Lương đã tiến hành lấy và phân tích hoá cơ bản cho hàm lượng đồng trung bình khu Làng Phát là 0,38 %, khu An Lương là 0,608 %. Kết quả phân tích mẫu hóa nhóm như sau: hàm lượng Cu trung bình 0,75 %; Zn trung bình 0,003 %; As trung bình 0,002 %; MgO trung bình 15,46 %; SiO₂ trung bình 15,08 %; Al₂O₃ trung bình 1,59 %; TiO₂ trung bình 0,004 %; Au trung bình 0,19 g/T; theo kết quả phân tích mẫu công nghệ hàm lượng Au trung bình là 0,27 g/T; Ag trung bình 2,51 g/T; theo kết quả phân tích mẫu công nghệ hàm lượng Ag trung bình là 2,5 g/T.

➤ Đặc điểm cấu tạo và kiến trúc quặng: quặng đồng trong đới quặng hóa vùng Làng Phát-An Lương chủ yếu có cấu tạo dạng mạch, xâm tán, đám, ổ hoặc vi mạch; kiến trúc quặng đồng trong đới quặng hóa vùng Làng Phát-An Lương chủ yếu là kiến trúc hạt tha hình đến nửa tự hình, kiến trúc vi hạt hoặc kiến trúc riềm mỏng bao quanh các khoáng vật nguyên sinh.

➤ Đặc điểm trường địa hóa: Kết quả nghiên cứu trường địa hóa đã xác định được 5 nguyên tố: Sn, Zn, Pb, Cu, Mo là có giá trị thông tin cao với xác suất trên 90 % và xác định được các nguyên tố (Cu, Pb, Zn) có quan hệ khá chặt chẽ với nhau. Cu Làng Phát-An Lương không có mối quan hệ tương

quan với Co, Ni, Cr như ở mỏ đồng Sin Quyền, Tả Phời, Lũng Pô, song lại có quan hệ với Sn, Mo.

➤ Đặc điểm trường địa vật lý: kết quả của công tác địa vật lý xạ kết hợp với công tác địa chất đã khoanh định được ranh giới các địa tầng trong khu mỏ.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Bài toán phân chia các đối tượng địa chất thành từng nhóm đối tượng

4.1.1. Thiết lập cơ sở dữ liệu đầu vào

➤ Các yếu tố định tính được tác giả thu thập trong các báo cáo tìm kiếm, thăm dò quặng đồng trong các khu mỏ có mặt trong đới Phan Si Pan và các kết quả phân tích mẫu của tác giả như khoáng tướng, thạch học, quang phổ ICP mà tác giả đã lấy tại các vị trí trọng điểm, cụ thể: Về kiến tạo bao gồm: địa khu biến chất cao, vùng tạo núi đa kỳ Pz-Mz, Phức nếp lồi, nếp lõm,... khu mỏ nào có thì mã hóa bằng "1" ngược lại bằng "0"; Về địa tầng bao gồm: Hệ tầng Sin Quyền, Viên Nam, Sa Pa,... khu mỏ nào có mã hóa bằng "1" ngược lại bằng "0",...

➤ Các yếu tố định lượng: kết quả phân tích hóa, quang phổ, trọng sa cho hàm lượng các nguyên tố Cu, Fe, S, Tr₂O₃, U, Ag, Au khu mỏ nào có nguyên tố đó mã hóa bằng "1" ngược lại bằng "0",...; Đặc biệt là kết quả giải bài toán logic và Dengram cho các nguyên tố địa hóa có giá trị tin cao như: Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Mo, Sn khu mỏ nào có mã hóa bằng "1" ngược lại bằng "0".

Tổng số các dữ liệu đầu vào xác định là 66 dấu hiệu được đánh số từ 1 đến 66. Toàn bộ các mã hóa này được thể hiện ở trong các tài liệu [1], [2], [3], [4], [6].

4.1.2. Các bước giải bài toán

➤ Bước 1 - Từ số liệu trong ma trận gốc (φ_{ij}) (Bảng 4.5) [6] ta tiến hành đánh giá mức độ giống nhau giữa các khu mỏ. Mức độ giống nhau giữa các khu mỏ $E(X_i, X_j)$ tính theo công thức sau:

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

Trong đó: i, j - Đối tượng so sánh ($i, j=1, 2, \dots, n$); n - Số đối tượng nghiên cứu; K - Số dấu hiệu nghiên cứu; a_{ip}, a_{jp} - Tọa độ của véc tơ X_i, X_j (giá trị của dấu hiệu thứ p ở đối tượng i hoặc j so sánh với nhau).

Kết quả tính toán được trình bày ở Bảng 1.

➤ Bước 2 - Tính giá trị trung bình H của mỗi giá trị phản ánh mức độ giống nhau giữa các khu mỏ (E_{ij}) theo công thức:

Bảng 1. Ma trận mức độ giống nhau giữa các diện tích khu mỏ quặng đồng đối Phan Si Pan ($E_{ij} \cdot 10^{-2}$)

Diện tích khu mỏ quặng đồng	Mức độ giống nhau						
	Sin Quyền	Lũng Pô	Tả Phời	Làng Phát	Suối Thầu	An Lương	Vi Kẽm
Sin Quyền	100	63	88	63	92	64	95
Lũng Pô	63	100	69	68	46	67	59
Tả Phời	88	69	100	67	87	49	90
Làng Phát	63	68	67	100	58	97	45
Suối Thầu	92	46	87	58	100	60	88
An Lương	64	67	49	97	60	100	63
Vi Kẽm	95	59	90	45	88	63	100

$$H = \frac{\sum_{i,j=1}^n E_{ij}}{n(n-1)} \approx \frac{3633}{42} = 86. \quad (2)$$

Trong đó: E_{ij} - Giá trị mức độ giống nhau giữa các đối tượng so sánh; n - Số đối tượng so sánh ($n=7$).

➤ Bước 3 - Chọn các giá trị $E_i^* = (\max/t) \cdot E_{it}$ ($t=1 \div n$; $t \neq i$). (i là số thứ tự hàng; t là số thứ tự của cột ma trận E_{ij}).

➤ Bước 4 - Sau khi chọn các trị số E_i^* , tiến hành so sánh các trị số với H . Khi $E_i^* > H$ thì các đối tượng nghiên cứu xếp vào cùng một nhóm. Khi $E_i^* < H$ thì các đối tượng nghiên cứu không thể ghép vào cùng một nhóm.

➤ Bước 5 - Dựa vào giá trị E_i^* thiết lập r tập hợp (B_s), trong đó: r là số thứ tự tương ứng với $E_i^* > H$ (số hàng có chứa trị số cực đại E_i^*). Tiến hành liên kết tập hợp gốc B_s cho đến khi nào nhận được r tập hợp B_s^* , cụ thể ở đây xác định được $r=7$ và $r=3$ phụ nhóm sau bước liên kết.

Bảng 2. Kết quả liên kết các mỏ đồng (lần 1)

Tập hợp gốc B_s	Tập hợp B_s^* sau khi liên kết
1-3, 5, 7	Nhóm I: 1, 3, 5, 7
2	Nhóm II: 2
3-1	Nhóm III: 4, 6
4-6	
5-1	
6-4	
7-1	

Ghi chú: 1, 2, ..., 7 là thứ tự khu mỏ; I, II, III - Nhóm sau khi liên kết lần 1 (tổ hợp con)

➤ Bước 6 - Tính các giá trị mức giống nhau giữa các cặp tổ hợp con A_s và A_v với $s, v=1 \div r$ và thành lập ma trận với các hạng tử D_{sv} :

$$D_{sv} = \frac{1}{m_s \cdot m_v} \sum_{i_s=1}^{m_s} \sum_{j_v=1}^{m_v} E_{i_s j_v} \quad (3)$$

Trong đó: i_s, j_v - Số hiệu của điểm tổng các tổ hợp con A_s, A_v ; m_s, m_v - Số đối tượng trong các tổ hợp

A_s, A_v ; $E_{i_s j_v}$ - Giá trị mức độ giống nhau giữa các điểm a_{j_s}, a_{i_v} được tính ở Bước 2.

Kết quả tính giá trị mức giống nhau giữa các nhóm ghi trong Bảng 3.

Bảng 3. Ma trận mức độ giống nhau giữa các phụ nhóm sau bước liên kết lần 1 ($E_{sv} \cdot 10^{-2}$)

Nhóm sau liên kết lần 1	Ma trận ($E_{sv} \cdot 10^{-2}$)		
	I	II	III
I	100	59	59
II	59	100	67
III	59	67	100

➤ Bước 7 - Ở Bảng 3 tất cả các hạng tử của ma trận đều nhỏ hơn $H=86$, do đó coi như việc phân nhóm đã hoàn thành.

Kết quả sau liên kết 7 khu mỏ đồng trong đới Phan Si Pan Tây Bắc Việt Nam được ghép thành 3 kiểu mỏ:

- Nhóm I - Kiểu mỏ đồng Sin Quyền (Sin Quyền, Vi Kẽm, Suối Thầu, Tạ Phời);
- Nhóm II - Kiểu mỏ đồng Lũng Pô;
- Nhóm III - Kiểu mỏ đồng Làng Phát (Làng Phát, An Lương).

4.2. Bài toán Quy nạp đối tượng nghiên cứu vào nhóm các đối tượng chuẩn

4.2.1. Thiết lập cơ sở dữ liệu đầu vào

Để đánh giá độ đáng tin cậy của thuật toán-địa chất đã sử dụng ở phần trên. Chúng tôi tiến hành xây dựng bài toán "Ghép nhóm mỏ" theo thuật toán "Quy nạp các đối tượng nghiên cứu vào nhóm các đối tượng chuẩn". Thực chất của bài toán là coi các mỏ đồng Sin Quyền, Vi Kẽm, Suối Thầu là các mỏ thuộc nhóm các mỏ chuẩn kiểu mỏ Cu Sin Quyền. Tiến hành xem xét các mỏ Lũng Pô, Tạ Phời, Làng Phát, An Lương có thể ghép vào kiểu mỏ Cu Sin Quyền hay không. Trên cơ sở đó tác giả đã lập được các ma trận các thông số địa chất mỏ, như sau: thành lập ma trận các thông số địa chất mỏ biểu thị dưới dạng "0" và "1" (không có và có) đối với nhóm mỏ Sin Quyền, Vi Kẽm, Suối Thầu (nhóm mỏ chuẩn kiểu mỏ Sin Quyền) thì

➤ Khoảng chứa thông tin thuộc miền chuẩn:

$$E_{\max}=0,673+3\times 0,021=0,73;$$

$$E_{\min}=0,673-3\times 0,021=0,61.$$

Có thể diễn đạt kết quả tính toán trên bằng sơ đồ biểu thị quan hệ tổng Entropi H.2. Từ các kết quả tính toán trên cho phép rút ra nhận xét: chỉ có mỏ Tả Phời ($E=0,62$) là được ghép vào nhóm kiểu mỏ Sin Quyền, còn các mỏ Lũng Pô ($E=0,51$), An Lương ($E=0,54$) và Làng Phát ($E=0,53$) không thể xếp vào nhóm kiểu mỏ Sin Quyền.

5. Kết luận

Từ những kết quả trình bày trên cho phép tác giả rút ra kết luận, trong đới Phan Si Pan tồn tại 3 kiểu mỏ đồng khác nhau với những đặc điểm chính như sau:

➤ Kiểu mỏ đồng Sin Quyền (Sin Quyền, Vi Kẽm, Suối Thầu, Tả Phời) được đặc trưng: phân bố trong địa khu biến chất cao, bị các hệ thống đứt gãy và khe nứt phương Tây Bắc-Đông Nam khống chế; quặng được thành tạo trong các đá biến chất thuộc phân hệ tầng Sin Quyền trên (PPsq₂) chứa các khoáng vật quặng chính như bornit, chalcopirit, cubanit, pyrit, pyrotin, molybdenit, menicovit, macazit, magnetit, azurit, malachit, sfalerit, galenit, gotit, limonit, inmenit, chancozin, uraninit, octit, ferithori, sphen, sinchizit, đồng tự sinh, vàng tự sinh, bạc tự sinh; hình thái thân quặng dạng mạch, thấu kính; hàm lượng các thành phần hóa học trong quặng gồm: Cu, Fe, S, Tr₂O₃, U, Ag, Au; các nguyên tố địa hóa có giá trị tin cao gồm: Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn;

➤ Kiểu mỏ đồng Lũng Pô được đặc trưng: thuộc chu kỳ tạo núi đa kỳ Pz-Mz, bị các hệ thống đứt gãy và khe nứt phương Tây Bắc-Đông Nam khống chế; quặng được thành tạo trong các đá biến chất thuộc hệ tầng Viên Nam (T_{1vn}) chứa các khoáng vật quặng chính như bornit, chalcopirit, pyrit, pyrotin, hematit, magnetit, azurit, malachit, covelin, gotit, limonit, chancozin, đồng tự sinh; hình thái thân quặng dạng mạch, thấu kính; hàm lượng các thành phần hóa học trong quặng gồm: Cu, Fe, S; Các nguyên tố địa hóa có giá trị tin cao gồm: Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Mo;

➤ Kiểu mỏ đồng Làng Phát (Làng Phát, An Lương) được đặc trưng: thuộc chu kỳ tạo núi đa kỳ Pz-Mz, bị các hệ thống đứt gãy và khe nứt phương á kinh tuyến khống chế; Quặng được thành tạo trong các đá biến chất thuộc phân hệ tầng Sin Quyền trên (PPsq₂) và hệ tầng Sa Pa (NPsp) chứa các khoáng vật quặng chính như bornit, chalcopirit, pyrit, pyrotin, hematit, magnetit, malachit, covelin, sfalerit, galenit, gotit, inmenit,

chancozin, đồng tự sinh, vàng tự sinh, bạc tự sinh; hình thái thân quặng dạng mạch, thấu kính; hàm lượng các thành phần hóa học trong quặng gồm: Cu, Fe, S, Ag, Au; các nguyên tố địa hóa có giá trị tin cao gồm: Cu, Pb, Zn, Mo, Sn. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tạ Việt Dũng và nnk (1974), Báo cáo thăm dò tỉ mỉ khoáng sàng đồng Sin Quyền, Bát Xát, Lào Cai. Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
2. Trần Cao Hà và nnk, 2001. Báo cáo kết quả thăm dò quặng đồng và các khoáng sản đi kèm khu Lũng Pô, Bát Xát, Lào Cai. Lưu trữ địa chất, Hà Nội.
3. Trương Văn Hồng và nnk, 1995. Báo cáo kết quả tìm kiếm quặng đồng vàng tỷ lệ 1:25.000 vùng Ngòi Hút-An Lương. Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
4. Dương Quốc Lập và nnk (2002), Báo cáo đo vẽ bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản nhóm tờ Lào Cai tỷ lệ 1:50.000. Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
5. Đồng Văn Nhi và nnk (1997), Phương pháp xử lý thông tin địa chất để nghiên cứu điều tra địa chất. Bài giảng lớp NCS và Cao học, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.
6. Phan Việt Sơn (2016), Luận án Tiến sĩ Địa chất. Lưu trữ Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 14/02/2018

Ngày gửi phản biện: 15/03/2018

Ngày nhận phản biện: 20/04/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/08/2018

Từ khóa: thành tạo địa chất; toán địa chất; kiểu mỏ đồng; Phan Si Pan; ma trận tài liệu

SUMMARY

In geological research, it is necessary to collect, store, generate and analyze big data of geological formations which contains their quantitative and qualitative characteristics. With a goal of generating those types of geological information in classifying copper mines, in this research, we apply to construct matrixes of those data in a case study of Fanxipan, Southwest of Vietnam. Final results show that there are three types of copper mines exist in the study are, which are: the Sin Quyền (Sin Quyền, Vi Kẽm, Thau stream, and Tả Phời); the Lũng Pô; and the Phat village (Phat village, An Lương).