

## Khoáng sản kim loại

Vũ Chí Hiếu. Khoa Địa chất,

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐHQG Tp. HCM).

Trần Bình Chư. Khoa Địa chất,

Trường Đại học Mo - Địa chất.

### Giới thiệu

Khoáng sản kim loại gồm các loại khoáng sản để sản xuất kim loại hoặc hợp kim của chúng. Theo thành phần, tính chất và giá trị sử dụng, khoáng sản kim loại được phân thành: 1). Khoáng sản kim loại sắt và hợp kim sắt - Fe, Mn, Cr, V, Ni, Co, Mo, W; 2). Khoáng sản kim loại cơ bản - Cu, Pb, Zn, Sn, Sb, Hg, Bi; 3). Khoáng sản kim loại nhẹ - Al (bauxit), Ti; 4). Khoáng sản kim loại quý - Au, Ag, nhóm Pt; 5). Khoáng sản kim loại loại hiếm, đất hiếm và phân tán - Li, Be, Ta, Nb, Zr, Gf, Rb, Cs, In, Ga, Ge, Se, Te, Re, Tl; 6). Khoáng sản kim loại phóng xạ U, Th.

### Khoáng sản kim loại sắt và hợp kim sắt

#### Khoáng sản sắt (Fe)

Loại khoáng sản này dùng để sản xuất thép và các hợp kim thép. Sắt là nguyên tố kim loại phổ biến trong vỏ Trái Đất với hàm lượng trung bình (quen gọi là trị số Clark) là 4,65% (trong đá siêu mafic - 8,65%, trong đá mafic - 8,56%, trong đá trung tính - 5,85% trong đá acid - 2,7% và trong đá trầm tích - 3,33%). Trong tự nhiên có khoảng 300 khoáng vật chứa sắt, nhưng chỉ một số ít là khoáng vật quặng như magnetit  $Fe_3O_4$  (các biến thể của nó là titanomagnetit, magnesi - magnetit và mangan - magnetit là quặng sắt tổng hợp), hematit  $Fe_2O_3$  (hematit không bền vững, có từ tính mạnh gọi là maghemit, hematit có dạng tấm lớn gọi là specularit, dạng vảy nhỏ gọi là mica sắt, giả hình magnetit gọi là martit, hematit ẩn tinh gọi là hydrohematit), goethit  $HFeO_2$ , turit (hỗn hợp của goethit và hydrohematit). Hỗn hợp tự nhiên các khoáng vật ẩn tinh goethit, hydrogoethit, vật liệu sét và silic thường gọi là quặng sắt nâu hay quặng limonit. Ngoài ra, còn có các khoáng vật carbonat sắt (siderit  $FeCO_3$ ) và silicat sắt (thuringit và chamosit) nhưng ít giá trị kinh tế. *Các loại hình mỏ công nghiệp:* mỏ magma (quặng sắt kiểu titanomagnetit và magnetit - apatit); mỏ skarn (khoáng vật quặng chủ yếu gồm magnetit, hematit, goethit; đôi khi có chalcopyrit, pyrit, galenit, sphalerit); mỏ nhiệt dịch; mỏ phong hóa (khoáng vật quặng chủ yếu là goethit, hydrohematit, hydrogoethit, hematit, magnetit và các khoáng vật của mangan); mỏ trầm tích; mỏ biến chất (kiểu mỏ sắt trầm tích bị biến chất, có tên gọi điển hình như "jaspilit", "taconit" hay "itabirit" hoặc "quartzit sắt" hay sắt dạng dài - "BIF").

Ở Việt Nam, các mỏ và diêm quặng sắt phân bố ở Thạch Khê (Hà Tĩnh) - mỏ lớn, nguồn gốc skarn; Tiên Bô, Linh Nham (Thái Nguyên), Phổ Lu, Quý Xa, Làng Vinh (Lào Cai) - nguồn gốc phong hóa; Làng Mỹ (Yên Bái), Tòng Bá (Hà Giang) - nguồn gốc biến chất (?). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Fe  $\geq 23\%$ ,  $(Al_2O_3 + SiO_2) \leq 25\%$ , P  $\leq 0,25\%$ , (S, Pb, Zn, As, Cu - mỗi nguyên tố)  $\leq 0,1\%$ , bề dày  $\geq 1m$ .

### Khoáng sản mangan

Ngành luyện kim đen sử dụng 90 - 95% tổng sản lượng mangan (thép có mangan sẽ làm tăng tính dẻo, dai và cứng), số còn lại sử dụng trong công nghiệp hóa chất, chế tạo pin khô, cực điện, sản xuất thủy tinh, tráng men, đồ gốm, chế tạo mặt nạ phòng độc, sulfat mangan làm phân bón cho đất trồng loại kiềm và trung tính, đặc biệt là đất giàu vôi. Mangan tham gia trong thành phần của nhiều hợp kim đặc biệt, được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp chế tạo máy. Hàm lượng trung bình của mangan trong vỏ Trái Đất là 0,1% (trong đá mafic - 0,22%, trong đá siêu mafic - 0,13%. Mangan liên quan chặt chẽ với các đá mafic và siêu mafic, hệ số tập trung có thể tăng gần 300 lần, trong đá acid - 0,07%, trong đá trung tính - 0,06%, trong đá kiềm rất hiếm mangan). Mangan có mặt trong khoảng 150 khoáng vật nhưng chỉ có 10 - 15 khoáng vật có giá trị công nghiệp như pyrolusit - khoáng vật quặng quan trọng nhất của Mn, thường chứa Fe, đôi khi thali, reni; braunit, hausmannit; manganit; psilomelan; rhodochrosit; manganocalcit; manganosiderit; rhodonit. Ngoài ra, còn gặp theproit; franklinit; almandin. *Các loại hình mỏ công nghiệp:* Mỏ skarn (kiểu quặng hausmannit - braunit liên quan với các xâm nhập acid yếu); mỏ nhiệt dịch (kiểu quặng rhodochrosit liên quan với các xâm nhập granitoid và các hoạt động núi lửa dưới nước); mỏ trầm tích (kiểu quặng rhodochrosit-psilomelan-pyrolusit) có giá trị kinh tế quan trọng nhất đối với quặng mangan. Các kết hạch mangan - sắt từ đáy biển Thái Bình Dương, Đại Tây Dương ở độ sâu 7km đã được khai thác, là nguồn tài nguyên tiềm năng; mỏ trầm tích - phun trào; mỏ phong hóa; mỏ biến chất.

Ở Việt Nam các mỏ và diêm quặng mangan phân bố ở Tóc Tát - Bản Khuông (Cao Bằng), Làng Bài (Tuyên Quang), Niệm Sơn (Hải Phòng), Làng Cốc

(Thanh Hóa), Yên Cư, Làng Khao (Nghệ An). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Mn  $\geq 15\%$ , Mn/Fe  $\geq 3$ , SiO<sub>2</sub>  $\leq 35\%$ , bề dày  $\geq 0,5\text{m}$ .

### Khoáng sản chrom

Chrom được sử dụng nhiều trong ngành luyện kim (65% sản lượng dùng cho sản xuất hợp kim ferocrom Fe + Cr, sterit Cr + Ni, mạ Cr), sản xuất vật liệu chịu lửa (18% sản lượng) và trong công nghiệp hóa học (17% sản lượng dùng sản xuất thuốc màu, thuốc da). Chrom có 4 đồng vị bền vững trong tự nhiên (<sup>50</sup>Cr, <sup>52</sup>Cr, <sup>53</sup>Cr và <sup>54</sup>Cr), trong đó <sup>52</sup>Cr chiếm ưu thế (83,76%). Hàm lượng trung bình của chrom trong vỏ trái đất  $78,3 \cdot 10^{-3} \%$  (trong đá siêu mafic (0,2%), mafic (0,02%), rất ít trong đá granit. Ngoài ra, chrom còn có trong tế bào sinh vật, một vài loại ngọc quý, đá quý; là nguyên tố ưa oxy (gần 99,9% là oxid; phổ biến nhất là Cr<sup>3+</sup> có khả năng thay thế đồng hình cho Al và Fe<sup>3+</sup>). Chrom có mặt trong 25 khoáng vật, nhưng giá trị nhất là nhóm khoáng vật chromspinel (thường gọi nhóm là chromit) với công thức chung (Mg,Fe)(Cr,Al,Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub> gồm các khoáng vật magnochromit, alumochromit, chrompicotit, chromit. Ngoài ra còn gặp crocoit PbCrO<sub>4</sub> trong đới oxy hóa của mỏ chứa chì nằm gần các khối magma siêu mafic. *Các loại hình mỏ công nghiệp*: Mỏ magma liên quan chặt chẽ với các đá siêu mafic, tinh thể chromit được kết tinh sớm (mỏ magma sớm); mỏ sa khoáng (nguồn cung cấp vật liệu là các thân quặng gốc, đá gốc chứa chromit bị phong hóa).

Ở Việt Nam, mỏ chromit Cô Định (phát hiện năm 1927, khai thác từ 1931 cho đến nay). Khoáng hóa chromit (dưới dạng xâm tán, ô, thấu kính), liên quan với xâm nhập siêu mafic Núi Nua (dunit, peridotit, pyroxenit đã bị serpentinit hóa mạnh) và là nguồn cung cấp để thành tạo mỏ sa khoáng proluvi, aluvi phân bố ở sườn đông bắc dãy núi Nua và ở phía tây nam đồng bằng Thanh Hóa với tổng tài nguyên trên 20 triệu tấn; hàm lượng trung bình của chromit: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2,83 - 4,9%; Ni - 0,38 - 0,64%; Co - 0,04 - 0,06%; SiO<sub>2</sub> - 31,34 - 42,28%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2,66 - 6,14%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 15,53 - 35,38%. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trong quặng gốc  $\geq 10\%$ , trong sa khoáng  $\geq 1,5\%$  khối lượng hoặc 10kg chromit/m<sup>3</sup>; bề dày  $\geq 1\text{m}$ .

### Khoáng sản nickel và cobalt

Nickel và cobalt được sử dụng nhiều trong ngành luyện kim: Hợp kim Co - Cr - W - Mo có độ cứng cao, chịu lửa và chống rỉ tốt (hợp kim stelit) dùng để sản xuất dụng cụ cắt gọt; hợp kim Co - Fe - Ni - Al - Cu - Pt có từ tính cao dùng sản xuất nam châm vĩnh cửu; hợp kim Co - Cr - Mo - Ni - Nb có độ bền vững cơ học ở nhiệt độ trên 700°C dùng trong ngành hàng không; hợp kim Co - Ni - W - Mo - Cr dùng để sản xuất động cơ, tên lửa, tua bin khí, lò phản ứng hạt nhân; các hợp kim Ni - Cr - Mn, Ni - Mn - Cu, Ni - Cu - Mn - Fe,

Ni - Zn - Cu dùng rộng rãi trong ngành kỹ thuật điện, chế tạo ô tô, máy kéo, tự động, thiết bị y tế, thực phẩm, v.v... Ngoài ra, nickel và cobalt còn được sử dụng trong ngành công nghiệp hóa học, thủy tinh, sơn, y học (đồng vị phóng xạ của cobalt), mạ nickel, lọc hóa dầu, v.v... Hàm lượng trung bình của Ni:  $5,8 \cdot 10^{-3} \%$ , của Co:  $1,8 \cdot 10^{-3} \%$  (trong đá siêu mafic Ni:  $2,2 \cdot 10^{-1} \%$ , Co:  $2 \cdot 10^{-2} \%$ , trong đá mafic Ni:  $1,6 \cdot 10^{-2} \%$ ; Co:  $4,5 \cdot 10^{-3} \%$ , trong đá granitoid Ni:  $8 \cdot 10^{-4} \%$ ; Co:  $5 \cdot 10^{-4} \%$ ). Khoáng vật quặng chủ yếu là pyrrhotin, pentlandit, chalcopyrit, magnetit, pyrit, cubanit, polydymit, nikelin, millerit, violarit, speryilit, cuperit. *Các loại hình mỏ công nghiệp*: Mỏ magma dung li, kiểu quặng sulfur Ni - Cu - liên quan với đá magma siêu mafic (peridotit, pyroxenit); mỏ nhiệt dịch - liên quan với các đá magma granitoid (quặng thuộc loại tổng hợp, gồm các kiểu quặng Ni - Cu; Ni - Co - Ag; Ni - Pb - Zn; Ni - Co - Ag - Bi - U, và Ni - Co - Cu - Pb - Zn); mỏ phong hóa do phong hóa các đá siêu mafic (kiểu quặng silicat nickel).

Ở Việt Nam, mỏ Ban Phúc - Sơn La kiểu quặng sulfur Ni-Cu (tổng tài nguyên trữ lượng trên 75 triệu tấn quặng), các điểm quặng Suối Cùn, Đông Chang (Cao Bằng), Núi Nua (Thanh Hóa). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Ni trong quặng sulfur  $\geq 0,5\%$ , trong quặng silicat  $\geq 1\%$  (nguyên tố có hại: As, Pb, Bi, Cd - làm giảm độ chịu nhiệt của hợp kim), bề dày  $\geq 1\text{m}$ .

### Khoáng sản wolfram

Được sử dụng nhiều trong ngành luyện kim; nếu thép có thêm từ 0,6 - 3% đến 18 - 24% wolfram thì sẽ cứng hơn, dễ đàn hồi hơn và có khả năng giữ được tính chất cơ học của nó ở nhiệt độ cao, dùng để sản xuất các dụng cụ cắt gọt và các loại lò xo. Hợp kim đặc biệt của wolfram (tới 50% W) với Ni, Cr, Co, Zr được dùng rộng rãi trong ngành chế tạo máy, vỏ bọc tàu chiến, xe tăng, dụng cụ khoan, v.v... Ngoài ra, wolfram còn được dùng trong lĩnh vực điện tử để sản xuất dây tóc bóng đèn và trong lĩnh vực hóa học. Hàm lượng trung bình của wolfram là  $1 \cdot 10^{-5} \%$  trong đá siêu mafic,  $1,5 \cdot 10^{-4} \%$  trong đá acid - liên quan rất chặt chẽ với magma acid giàu Al, F và B. Có 20 khoáng vật của wolfram, trong đó, phổ biến và có giá trị là wolframit, hubnerit, ferberit, scheelit. Wolframit và hubnerit chiếm 75% sản lượng khai thác, scheelit chiếm 25%. Trong đới oxy hóa gặp tungstít, hydrotungstít, tungomelan (psilomelan chứa 5 - 8 WO<sub>3</sub>).

*Các loại hình mỏ công nghiệp*: Mỏ skarn - phân bố trong các đá skarn vôi, liên quan với các xâm nhập acid vừa (kiểu quặng scheelit và kiểu quặng scheelit - molybdenit); mỏ nhiệt dịch - kiểu quặng W - Sn - Mo liên quan với đá greisen, kiểu quặng thạch anh - wolframit nguồn gốc nhiệt dịch sâu; các kiểu quặng hóa tổng hợp (Sn - Ag - W; Hg - Sb - W, Au - W) nguồn gốc nhiệt dịch phun trào; mỏ sa khoáng tàn tích và bồi tích.



Ở Việt Nam, mỏ wolfram có ở Thiên Kế (Tuyên Quang), Lũng Mươi (Cao Bằng). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng  $WO_3$  trong quặng dạng mạch  $\geq 0,5\%$ , quặng dạng mạng mạch  $\geq 0,2\%$ , quặng sheelit  $\geq 0,2\%$ , bề dày  $\geq 0,6m$ .

### Khoáng sản molybden

Được sử dụng nhiều trong ngành luyện kim - hợp kim stelit (Mo - V - W - Cu - Ni - Co) và hợp kim carbid (Mo - C) có độ bền vững cơ học cao, chịu nhiệt tốt, không rỉ, chịu được tác dụng của acid, ít bị mòn, được dùng trong kỹ thuật chế tạo tên lửa, máy bay, xe tăng, súng cao xạ, và các thiết bị radar. Ngoài ra, Mo còn được dùng trong ngành hóa chất, đồ gốm, thủy tinh, dầu bôi trơn, kính chịu nhiệt, hợp chất  $MoO_3$  được dùng trong công nghiệp tinh chế dầu mỏ, thuốc nhuộm (màu xanh), thuốc sát trùng. Hàm lượng trung bình của molybden trong vỏ Trái Đất là  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$  (trong đá siêu mafic -  $2 \cdot 10^{-5}\%$  trong đá granit -  $2 \cdot 10^{-4}\%$ ), hệ số tập trung 5000; có thể thay thế đồng hình cho Re, W, Mn, Fe, Cr, Ti, Nb, O, Ir, Ru, Rb. Mo có mặt trong 30 khoáng vật, nhưng giá trị và phổ biến nhất là molybdenit (Re ở dạng thay thế đồng hình), povelit, wulfenit. *Các loại hình mỏ công nghiệp* - mỏ skarn, phân bố trong các đá skarn vôi (kiểu quặng sielit - molybdenit và chalcopirit - magnetit - molybdenit); mỏ nhiệt dịch (kiểu quặng W - Mo liên quan với đá greisen, kiểu quặng thạch anh - molybdenit nguồn gốc nhiệt dịch sâu, kiểu quặng uranit - molybdenit nguồn gốc nhiệt dịch phun trào).

Ở Việt Nam có mỏ molybden kiểu quặng thạch anh - molybdenit ở Châu Đốc (An Giang), Ô Quý Hồ, Sin Châu, Tùng Qua Lin (Lào Cai). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Mo trong quặng dạng mạch  $\geq 0,2\%$ , quặng mạng mạch và skarn  $\geq 0,1m$ , bề dày  $\geq 0,6m$ .

### Khoáng sản kim loại cơ bản (Cu, Pb, Zn, Sn, Sb, Hg, Bi)

#### Khoáng sản đồng

Đồng được sử dụng trong ngành luyện kim - đồng đen (Cu + Sn + Pb + Al + Si + Be), đồng thanh (Cu + Zn) và đồng bạch (Cu + Ni), sử dụng trong kỹ thuật điện, liên lạc - viễn thông, chế tạo máy, trong xây dựng, sản xuất dụng cụ gia đình, đồ trang sức, mỹ nghệ và đúc tiền. Hàm lượng trung bình của đồng trong vỏ Trái Đất là  $4,7 \cdot 10^{-3}\%$  (trong đá siêu mafic:  $2 \cdot 10^{-3}\%$ , trong đá mafic:  $1 \cdot 10^{-2}\%$ , trong đá trung tính:  $3,5 \cdot 10^{-3}\%$ , trong đá đá acid:  $2 \cdot 10^{-3}\%$ , trong đá trầm tích:  $5,7 \cdot 10^{-3}\%$ ). Có 170 khoáng vật chứa đồng, trong đó khoảng 20 khoáng vật có giá trị - điển hình là chalcopirit, bornit, cubanit, chalcocin, covellin, tennantit, tetraedrit, enargit, cuprit, tenorit, malachit, azurite, chalcantit, bronsantit, chrysocolla. *Các kiểu mỏ công nghiệp*: Mỏ magma dung ly (quặng sulfur Ni - Cu liên quan chặt chẽ với các đá xâm nhập mafic

và siêu mafic); mỏ skarn (skarn vôi - chalcopirit cộng sinh với sphalerit và galenit); mỏ nhiệt dịch (kiểu đồng porphyry - cộng sinh molybden-đồng; kiểu đồng dạng mạch - quặng là chalcopirit và enargit có kim loại quý và kim loại phân tán); mỏ đồng dạng vôi (nằm trong trầm tích lục nguyên - cát kết và đá phiến chứa đồng, không liên quan với đá magma).

Ở Việt Nam, mỏ đồng Sin Quyền (Lào Cai) có hàm lượng (%) Cu: 0,01 - 11,58;  $TR_2O_3$ : 0,03 - 0,17, Au: 0,46 - 0,55g/tấn quặng; Ag: 0,44 - 0,55g/tấn quặng; mỏ Ni - Cu Bản Phúc (Sơn La) - đồng là thành phần đi kèm cùng với nickel; điếm quặng cát kết và đá phiến chứa đồng ở Biên Động, Đèo Chũ (Bắc Giang). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Cu trong quặng sulfur  $\geq 0,5\%$ , trong quặng oxid  $\geq 0,7\%$ , bề dày  $\geq 1m$ .

#### Khoáng sản chì, kẽm

Chì dùng để sản xuất ắc quy, vỏ dây cáp điện (30 - 40%); chế tạo hợp kim, đầu đạn, các tấm bảo vệ tia phóng xạ, sơn, v.v... Kẽm dùng để mạ kim loại, sản xuất hợp kim (đồng thau, đồng đỏ và đồng đen, kẽm tấm, thép cuộn, dây kẽm uốn, băng chuyên, đúc chữ in). Hàm lượng trung bình của chì trong vỏ Trái Đất là  $1,6 \cdot 10^{-3}\%$ . Khoáng vật chính gồm galenit, burmonit, boulangerit, jamesonit, cerussit, anglesit, pyromorphit. Hàm lượng trung bình của kẽm trong vỏ Trái Đất là  $8,3 \cdot 10^{-3}\%$ . Khoáng vật chính gồm sphalerit, vuzit, smithsonit, calamin, zinkit, hydrozinkit. *Các kiểu mỏ công nghiệp*: Mỏ skarn - kiểu quặng sphalerit - galenit trong đá skarn; mỏ nhiệt dịch - kiểu quặng pyrit-galenit-sphalerit trao đổi thay thế trong đá carbonat, kiểu quặng sphalerit - galenit dạng mạch, kiểu quặng galerit - pyrit - chalcopirit - (calcit, baryt và fluorit).

Việt Nam có mỏ chì kẽm ở một số nơi. Vùng quặng Chợ Điện ở tỉnh Bắc Kạn (quặng chủ yếu là sphalerit - galenit, dạng mạch trao đổi thay thế trong đá vôi hàm lượng Pb + Zn : 4,38 - 13,85%). Vùng quặng Chợ Đồn, Vùng quặng Lang Hít dạng mạch phân bố trong đá vôi xen kẽ các lớp bột kết, cát kết. Vùng quặng Ngân Sơn (hàm lượng Pb: 4,9 - 10,6%, Zn: 2,07 - 6,5%, Ag trong galenit: 3.600g/tấn). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Pb+Zn trong quặng sulfur  $\geq 5\%$ , trong quặng oxid  $\geq 10\%$ , bề dày  $\geq 1m$ .

#### Khoáng sản thiếc

Thiếc là một trong những kim loại được con người sử dụng từ rất sớm (đồng thanh là hợp kim Cu-Sn được chế tạo từ cách đây 4.000 năm) và cho đến ngày nay vẫn được dùng rất rộng rãi. Dùng làm vỏ đồ hộp ("thiếc thực phẩm"), vật liệu hàn, hợp kim làm ô trục, v.v... Hàm lượng trung bình của thiếc trong vỏ Trái Đất là  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$  (trong đá magma acid cao hơn trong đá mafic, là nguyên tố vừa ưa đá vừa ưa đồng). Có 24 khoáng vật chứa thiếc thuộc các nhóm oxid, sulfostanat, sulfur, silicat, borat, tantanat và niobat,

song chỉ có casiterit và stanin là khoáng vật quặng. Các loại hình mỏ công nghiệp gồm pegmatit chứa thiếc; mỏ nhiệt dịch nhiệt độ cao – kiểu quặng thạch anh - casiterit; mỏ nhiệt dịch nhiệt độ trung bình - kiểu quặng sulfur - casiterit; mỏ sa khoáng (eluvi, deluvi, aluvi, sa khoáng ven biển, sa khoáng cổ, chôn vùi – chiếm gần 65% tổng sản lượng thiếc trên thế giới).

Việt Nam có 4 vùng quặng thiếc là Cao Bằng - mỏ Tĩnh Túc; Tuyên Quang - mỏ Khuôn Phầy, Ngòi Lẹm; Quỳ Hợp (Nghệ An) - mỏ Na Ca, Suối Bắc, Thung 2; Lâm Đồng - mỏ Đà Lạt, Hòn Bô, Núi Cao, Đa Chay. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Trong quặng gốc: Sn  $\geq$  0,3%, bề dày  $\geq$  0,6m; Trong sa khoáng - casiterit  $\geq$  200g/m<sup>3</sup>, bề dày  $\geq$  0,5m.

### Khoáng sản antimon

Antimon (Sb) được dùng nhiều trong luyện kim - hợp kim với Al, Zn, Ag, Ni, Cr, Co, Au, Pt, dùng trong sản xuất ắc quy, dây cáp, trong ngành in, ngành chế tạo máy: trong sản xuất vòng bi. Các hợp chất của Sb dùng trong công nghiệp dệt (tẩy màu và làm bóng tơ lụa), phẩm nhuộm, khử màu và chất bẩn cho thủy tinh, gạch chịu lửa, chất dẻo và chất nổ. Hàm lượng trung bình của antimon trong vỏ Trái Đất là 5.10<sup>-5</sup>% (có mặt trong các đá magma thành phần từ mafic đến acid). Có 75 khoáng vật của Sb, chủ yếu thuộc nhóm sulfur; có giá trị nhất là antimonit, tetrahedrit, boulangerit, jamesonit, valentinit, cervantit, stibiconit. *Các loại hình mỏ công nghiệp*: Mỏ nhiệt dịch, kiểu quặng thạch anh - antimonit; antimonit - sulfur đa kim; Sb - Hg; Au - Sb; Sb - W.

Ở Việt Nam có mỏ antimon Làng Vài (Tuyên Quang) - kiểu quặng antimonit - sulfur đa kim (pyrit, arsenopyrit, sphalerit, galenit) với các thành phần như sau: Sb - 14,78%, As - 2,96%, Au - 2,24g/tấn quặng, Ag - 23,85g/tấn quặng. Ngoài ra còn có các điểm quặng ở Cao Bằng, Quảng Ninh, Lạng Sơn, Thanh Hóa. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Sb  $\geq$  1,5%, bề dày  $\geq$  0,8m.

### Khoáng sản thủy ngân

Thủy ngân (Hg) được dùng trong kỹ thuật điện, dụng cụ đo lường và kiểm tra (chính lưu, con ngắt, đèn chiếu sáng, áp kế, nhiệt kế, bơm chân không, v.v...), dùng trong tinh chế quặng vàng (phương pháp hỗn hồng), trong hóa học (pha chế màu đặc biệt, chế tạo sơn, trong y học (muối chlorur và oxid thủy ngân để chế tạo cao dán, thuốc chữa sâu răng và các thiết bị y học), trong nông nghiệp (thuốc trừ sâu). Hàm lượng trung bình của thủy ngân trong vỏ Trái Đất là 8,3.10<sup>-6</sup>%. Có 20 khoáng vật chứa thủy ngân, có giá trị nhất là cinnabar, metacinnabarit, thủy ngân tự sinh (Hg), swarzit, livingstonit, corderoit. *Các loại hình mỏ công nghiệp*: Mỏ nhiệt dịch - kiểu quặng cinnabar - sericit - chlorit - thạch anh (Hg - Sb, Hg - Au - Ag, Hg - W - As, Hg - Sn, Hg - Cu, và Hg - đa kim), kiểu

quặng cinnabar - carbonat - magnesi (quặng thủy ngân đơn gian); kiểu quặng cinnabar - opalit nhiệt dịch phun trào (lưu huỳnh, arsen, antimon hoặc vàng, bạc); mỏ dạng tầng (viên nhiệt) - kiểu quặng cinnabar - dikit - thạch anh; cinnabar - antimonit - fluorit - thạch anh; cinnabar - carbonat.

Ở Việt Nam có mỏ thủy ngân ở Thần Sa (Thái Nguyên), khoáng vật quặng gồm cinnabar, auripicmen, realgar, antimonit, pyrit; hàm lượng Hg: 0,04 - 0,32%. Một số điểm quặng cũng gặp ở vùng Cẩm Pha, Hoàng Bồ (Quảng Ninh), Thái Nguyên, Hà Giang. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): Hàm lượng Hg  $\geq$  0,3%, bề dày  $\geq$  0,5m.

### Khoáng sản kim loại nhẹ

#### Khoáng sản nhôm

Nhôm là một kim loại nhẹ, tỷ trọng 2,7g/cm<sup>3</sup>, có độ dẫn nhiệt, dẫn điện tốt, độ bền vững cơ học và hóa học cao, có thể tạo hợp kim với đồng, silic, magnesi, mangan, kẽm, nickel; được sử dụng rộng rãi trong các ngành: chế tạo máy, máy bay, tên lửa, xây dựng, vận tải, điện và dân dụng. Hàm lượng trung bình của nhôm trong vỏ Trái Đất là 8,05% (trong đá trầm tích - 10,45%, trong đá mafic - 0,75%, trong đá acid - 7,7%, trong đá siêu mafic - 1,7%). Nhôm có mặt trong thành phần của hầu hết các khoáng vật tạo đá, nhưng các khoáng vật quặng rất ít, chỉ có boehmit, diaspor, hydraginlit, nephelin, silimanit, leucit, kaolinit. Bauxit là loại quặng chủ yếu của nhôm, bao gồm các khoáng vật hydroxid nhôm, hydroxid và oxid của sắt, thạch anh và các khoáng vật sét; modul silic (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>)  $\geq$  2,6. Ngoài ra, trong quặng còn chứa các nguyên tố vi lượng như vanadi, titan, calci. *Các loại hình mỏ công nghiệp*: Mỏ phong hóa tàn dư từ các loại đá magma; mỏ trầm tích.

Việt Nam có nhiều mỏ trữ lượng lớn: Bauxit kiểu laterit vùng Tây Nguyên, điển hình là mỏ Tân Rai, tỉnh Lâm Đồng và mỏ Nhân Cơ, tỉnh Đắk Nông (thành phần gồm gypsit - 70%, diaspor - 15%, kaolinit - 10%), thành tạo do phong hóa từ đá basalt. Bauxit trầm tích tuổi Permi muộn phân bố ở Lạng Sơn, Cao Bằng (thành phần diaspor là chủ yếu). *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): đối với quặng bauxit trầm tích: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $\geq$  28%, modul Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub>  $\geq$  4, bề dày  $\geq$  1,0m; đối với quặng bauxit laterit - độ thu hồi quặng tinh lớn hơn 1mm đạt  $\geq$  20%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $\geq$  40%, modul Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub>  $\geq$  5, bề dày  $\geq$  1,0m.

#### Khoáng sản titan

Titan là kim loại nhẹ, cứng, bóng láng, chống ăn mòn rất tốt (bền vững với thời gian), có thể tạo hợp kim với wolfram, nhôm, vanadi, đồng, sắt, mangan, molybden, carbon để chủ yếu dùng trong ngành hàng không, sản xuất xe bọc thép, tàu hai quân, tàu vũ trụ, tên lửa, đạn tự điều khiển, áo chống đạn, gọng kính,



v.v... Titan dioxit ( $TiO_2$ ) dùng làm chất trắng trong sơn, giấy, kem đánh răng và nhựa, chất chống nắng. Hàm lượng trung bình của titan trong vỏ Trái Đất là  $4,5.10^{-2}\%$  (trong đá siêu mafic –  $3.10^{-2}\%$ , trong đá mafic –  $0,9\%$ , trong đá trung tính –  $0,8\%$ , trong đá acid –  $0,2\%$ , trong đá trầm tích –  $0,45\%$ ). Có hơn 80 khoáng vật chứa titan, có giá trị nhất là ilmenit, rutil, leucocxen, perovskit, titanomagnetit, sphen. *Các loại hình mỏ công nghiệp:* Mỏ magma thực sự (magma muộn) liên quan mật thiết với xâm nhập mafic-siêu mafic, chủ yếu với các đá gabro, anorthosit – kiểu quặng titanomagnetit và ilmenit; mỏ sa khoáng, đặc biệt là sa khoáng ven biển.

Ở Việt Nam có mỏ ilmenit Cây Châm (Thái Nguyên) – kiểu quặng titanomagnetit, nguồn gốc magma muộn liên quan với khối xâm nhập gabro Núi Chúa (γ<sup>3</sup>nc); sa khoáng ven biển có quy mô lớn, phân bố ở Hà Tĩnh, Bình Định, Bình Thuận với thành phần chủ yếu là ilmenit và zircon, ngoài ra còn có monazit, rutil, leucocxen. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): đối với quặng gốc –  $TiO_2 \geq 10\%$ ; đối với sa khoáng eluvi, ilmenit  $\geq 0,6\%$ ; đối với sa khoáng ven biển, hàm lượng tổng khoáng vật nặng chứa titan, zirconi  $\geq 0,4\%$ .

## Khoáng sản kim loại quý

### Khoáng sản vàng

Vàng (Au) đã được tìm thấy từ khoảng 5000 – 4000 năm trước công nguyên. Tỷ trọng của vàng – 19,32, dễ dát mỏng, dễ kéo sợi, bền vững hóa học, có độ dẫn điện, dẫn nhiệt tốt, được dùng trong rất nhiều lĩnh vực như tài chính, trang sức, mỹ nghệ, công nghiệp, điện tử, y học, gốm sứ, chế tạo chi tiết động cơ phản lực, tên lửa, lò phản ứng hạt nhân, v.v... Hàm lượng trung bình của vàng trong vỏ Trái Đất là  $4,3.10^{-7}\%$ , hệ số tập trung trong đá trầm tích –  $1.10^{-7}\%$ , trong đá biến chất –  $0,7 - 4,2.10^{-7}\%$ , trong đá magma –  $2.10^{-7}\% - 10.10^{-7}\%$ , trong nước biển –  $0,4.10^{-7}\%$ . *Thành phần khoáng vật:* Vàng dạng tự sinh thường chứa Ag, Cu, Fe, đôi khi cả Bi, Pt, Pd. Các biến thể của Au tự sinh là electrum (Ag, Au) chứa 15 – 50% Ag, cuproaurit (Au, Cu) chứa 20% Cu, bismutoaurit (Au, Bi) chứa 4% Bi, porpezit (Au, Pd) chứa 30 – 40% Pd, aurosmirit (Au, Os, Ir) chứa 25,5% Os và 51,7% Ir. Các khoáng vật nhóm telurur của Au: calaverit, sylvanit, petzit, nagyagit. *Các loại hình mỏ công nghiệp:* Mỏ nhiệt dịch (nhiệt dịch sâu và nhiệt dịch phun trào); mỏ biến chất (phân bố trong các tầng cuội kết cổ); mỏ sa khoáng (sa khoáng tàn tích, bồi tích, sa khoáng thung lũng và sa khoáng thêm).

Ở Việt Nam có nhóm mỏ nhiệt dịch – thuộc kiểu quặng thạch anh - sulfur - vàng và thạch anh - vàng gồm các mỏ Pắc Lạng (Bắc Kạn), Bồ Cu (Thái Nguyên), Bồng Miêu (Quảng Nam), Chiêm Hóa (Tuyên Quang). Kiểu quặng “vàng cộng sinh” gặp ở mỏ đồng Sin Quyền (Lào Cai), mỏ thiếc Tĩnh Túc

(Cao Bằng). Nhóm mỏ vàng sa khoáng phân bố rất rộng rãi như ở Thái Nguyên, Sơn La, Hoà Bình, Thanh Hóa, Quảng Nam, Kon Tum. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): hàm lượng vàng trong quặng gốc  $\geq 1g/tấn$ , sa khoáng  $\geq 0,2g/m^3$ , bề dày  $\geq 0,6m$ .

### Khoáng sản bạc

Bạc được dùng làm hợp kim đúc tiền, làm đồ trang sức, dụng cụ y học, làm thuốc sát trùng, đồ dùng gia đình, tranh sơn mài, trong nhiều chi tiết máy, công nghiệp, điện ảnh, sản xuất pin mặt trời. Có trên 50 khoáng vật chứa bạc, có giá trị là argentit, bạc tự sinh, kerargirit, stephanit – discrasit, polybasit, pyrrargirit, stromeyerit – quặng đồng xám chứa bạc. *Các loại hình mỏ công nghiệp:* Mỏ nhiệt dịch – bạc ở trạng thái phân tán, đi kèm trong quặng đa kim, đồng ( $Ag \geq 0,05\%$ ).

Ở Việt Nam chưa phát hiện mỏ bạc thực thụ, thường gặp trong quặng đa kim chì - kẽm, đồng - chì - kẽm, đồng - vàng, nickel - cobalt, vàng - bạc. Chúng phân bố ở Tú Lệ (Yên Bái), Na Sơn (Hà Giang), Thượng Âm, Làng Vài (Tuyên Quang), Đại Từ (Thái Nguyên), Chợ Đồn (Bắc Kạn), Quan Sơn, Na Sỏi (Thanh Hoá).

### Khoáng sản platin

Platin được dùng làm đồ trang sức; trong kỹ thuật (điện cực, nhiệt kế điện trở, thiết bị thí nghiệm, thiết bị điện bảo); trong công nghiệp hóa chất, chất xúc tác, làm răng giả, v.v... Hàm lượng trung bình của platin trong vỏ Trái Đất là  $n.10^{-7}\%$ . Thành phần khoáng vật: platin và các kim loại nhóm platin thường ở dạng tự sinh (với tạp chất sắt, iridi, paladi, rhodi, rutheli, đồng) và các dạng (Pt, Pd)S, Pt, Bi, Te, Pd, Sb, Pt, As<sub>2</sub>, v.v... đều bền vững trong điều kiện ngoại sinh. *Các loại hình mỏ công nghiệp:* Mỏ magma thực sự liên quan mật thiết với các đá magma xâm nhập siêu mafic-mafic (mỏ magma dung ly sulfur nickel – đồng chứa platin; mỏ magma muộn kiểu quặng spinelit - chromit chứa platin (polyxen, platiniridi, iridiosim); mỏ sa khoáng – trong eluvi, deluvi.

Ở Việt Nam, chỉ gặp biểu hiện Pt trong mỏ Ni - Cu Bàn Phúc (Sơn La), trong đá siêu mafic chứa chromit ở Thanh Hoá, Quảng Nam, Quảng Ngãi.

### Khoáng sản đất hiếm

Đất hiếm là tập hợp của các nguyên tố hóa học có ký hiệu quốc tế là RE (Rare earth), REE (Rare earth element) hoặc TR (Terre rare), thuộc họ lantanoid; do có nhiều tính chất quý nên được dùng để sản xuất các sản phẩm công nghệ hiện đại như điện thoại di động, máy nghe nhạc, đĩa cứng máy vi tính, động cơ điện gió, nam châm vĩnh cửu, vật liệu siêu dẫn, phát quang, chịu lửa, chất xúc tác trong công nghệ lọc hóa dầu và xử lý môi trường,

v.v... Hàm lượng trung bình của nhóm đất hiếm trong vỏ Trái Đất dao động:  $n.10^{-4}\%$  -  $n.10^{-7}\%$ . Có khoảng 300 khoáng vật chứa REE, phổ biến nhất và có giá trị kinh tế là monazit  $(Ce,Th)PO_4$ , xenotim  $(Y,Th)PO_4$ , bastnaesit  $Ce(CO_3)F$ , churchit  $(Ce,Y)PO_4.2H_2O$ , parisit  $Ce_2Ca(CO_3)_2$ , doverit  $YCa(CO_3)F$ , loparit  $(Ce,Na)(Ti,Nb,Ta)O_3$ , fergusonit  $Y(NbO_4)$ , euxenit, brannerit, v.v... Các kiểu mỏ công nghiệp: Mỏ carbonatit; mỏ nhiệt dịch liên quan với magma acid, kiềm, siêu mafic - kiềm; mỏ sa khoáng (sa khoáng ven biển, sa khoáng aluvi).

Ở Việt Nam có mỏ Nậm Xe (Lai Châu) – kiểu quặng bastnaesit, parisit liên quan với phức hệ đá kiềm Nậm Xe - Tam Đường; mỏ đất hiếm Yên Phú (Yên Bái) - kiểu quặng xenotim, samaskit, fergusonit, magnetit có liên quan với phức hệ magma xâm nhập Ca Vịnh; quặng monazit, xenotim đi cùng với ilmenit trong sa khoáng ven biển, phân bố ở các tỉnh Hà Tĩnh, Bình Định, Bình Thuận. *Chỉ tiêu chất lượng* (2008): quặng đất hiếm,  $TR_2O_3 \geq 1\%$ , bề dày  $\geq 1,0m$ . Quặng niobi - tantal – Hàm lượng  $(Nb, Ta)_2O_5 \geq 0,1\%$ . Quặng lithi – Hàm lượng  $Li_2O \geq 0,3\%$ .

### Tài liệu tham khảo

- Guilbert J. M, Park Charles F. Jr., 1986. The geology of ore deposit. By W. H Freeman and Company. 985 pgs. New York. USA.
- Nguyễn Văn Chũ, Tô Linh, Vũ Chí Hiếu, Vũ Ngọc Hải, 1986 - 1987. Địa chất khoáng sản, T.1 (1986, 187 tr), T.2 (1987, 182 tr). NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp. Hà Nội
- Trần Bình Chu (chủ biên), Đinh Hữu Minh (đồng chủ biên), nnk, 2013. Địa chất các mỏ khoáng công nghiệp kim loại. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 268tr. Hà Nội.
- Trần Văn Trị & Vũ Khúc (Đồng chủ biên) và nnk., 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. 589 tr. Hà Nội.
- Trần Văn Trị (Chủ biên) và nnk., 2000. Tài nguyên khoáng sản Việt Nam. Các địa chất và khoáng sản Việt Nam. 214 tr. Hà Nội.
- Авдонин В.В, Сторостин В.И., 2010. Геология полезных ископаемых. Изд. Центр "Академия". 384 стр. Москва.
- Смирнов В.И., 1982. Геология полезных ископаемых. 4-е изд., перераб и доп. "Недра". 669 стр. Москва.
- Татаринов П.М, Карякин А. Е. 1975. Курс месторождения твердых полезных ископаемых. Изд. "Недр", 630 стр. Ленинград.