

Malmförekomster av Långban-typ: aspekter på malmgenes och mineraldiversitet

Dan Holtstam

Introduktion

Långban är ett välkänt namn bland professionella mineraloger och mineral-samlare av internationell kaliber, synonymt med en närmast ouslinlig källa till nya mineral med exotisk sammansättning. Det nämns ofta vid sidan av globalt välkända förekomster som Franklin, Tsumeb, Mont Saint-Hilaire etc. när man med en term lånad från biologin talar om lokaler med stor diversitet.

Långbans gruvor ligger på näset mellan sjöarna Långban och Hyttsjön, 15 km nordost om Filipstad i Värmland. Det är okänt när malmbrytning påbörjades där, men kontinuerlig gruvdrift har bedrivits från 1711 till nedläggningen 1972. Ursprungligen var verksamheten endast inriktad på järnmalm. Tillgodogörandet av manganet i Långban inleddes på 1850-talet, och ungefär samtidigt blev vetenskapsmännen uppmärksammade på gruvornas unika mineralogi. Pionjärer här var geologerna L.J. Igelström och A.E. Nordenskiöld. Den mest berömde utforskaren av Långbanmineralen är dock Gustaf Flink (1849–1932). Kontakterna med förmän och arbetare verksamma i gruvorna har under långa tider varit av avgörande betydelse för de mineralogiska upptäckterna och tillkomsten av betydande samlingar, bland vilka Naturhistoriska riksmuseets i Stockholm är den omfångsrikaste med ca 25 000 prover.

Som resultat av all den forskarmöda som lagts ned finns idag

närmare 600 publikationer som på något sätt behandlar fyndigheten. Långban är typlokal för 68 olika mineral. Den nutida Långbanforskningen rör sig delvis i de traditionella banorna, med insatser inom systematisk och deskriptiv mineralogi, men tyngdpunkten har förskjutits mot ett ökat intresse för fyndighetens genes och utveckling, som man försöker klarlägga med hjälp av den moderna malmgeologins metodarsenal: isotopgeokemi, mikrotermometri etc.

Långbans gruvby fungerar idag som ett museum, och är ett populärt turistmål, inte minst bland mineralletare. Delar av de gamla varphögarna är fridlysta och får beträdas endast med särskilt tillstånd från myndigheterna, men merparten är allmänt tillgängliga. Platsen är inget *Schlaraffenland* där man lätt kan ösa upp vackra och sällsynta mineral, men några av 1980- och 90-talens amatörfynd har lett till beskrivningar av för världen helt nya mineral. En bred framställning av fenomenet Långban finns i en nyproducerad bok på engelska (Holtstam & Langhof 1999).

Termen Långban-typ myntades av Moore (1970) och innefattar förutom själva Långban några mindre fyndigheter i Värmlands och Örebro län: Pajsberg-Harstigen, Jakobsberg, Nordmark och Sjögruvan. Gemensamt för dem är att de alla (1) tillhör ca 1,9 miljarder år gamla svekofenniska bildningar som domineras av felsiska vulkaniter; (2) uppträder som deformerade linser i karbonatstenslager

(huvudsakligen dolomitisk marmor); (3) innehåller malmer av både järn (Fe) och mangan (Mn), som bildar separata kroppar eller lager; (4) består mestadels av oxid-, karbonat- och silikatmineral (sulfider och sulfosalter spelar en mycket underordnad roll volymsmässigt sett) samt (5) uppvisar anomalt höga halter av barium (Ba), bly (Pb), arsenik (As) och antimon (Sb), främst i de manganrika delarna.

Malmbildning

Några olika modeller för Långban-malmernas tillkomst har föreslagits under de gångna drygt 100 åren. Magnusson (1930), som ger den mest grundliga geologiska beskrivningen av fyndigheten, framhåller de metasomatiska processernas betydelse, det vill säga möjligheterna till olika substansutbyten mellan redan befintliga sediment och hydrotermala och magmatiska system aktiva i dess närhet. Både tidiga (Sjögren 1891) och modernare (Boström *et al.* 1979) arbeten har istället betonat fyndighetens primärt sedimentära natur. Klart är att en användbar modell bör förklara Långbantypens särdrag, framförallt den effektiva separationen av Fe och Mn, förekomsten av olika, oxiderade Mn-malmstyper (huvudsakligen hausmannit- och braunitmalm), och de förhöjda koncentrationerna av olika "sällsynta" element.

Det kan nu sägas vara allmänt accepterat att malmerna är syn-genetiska i förhållande till sin värdbergart, och att de tillkommit i en vulkaniskt präglad subakvatisk miljö. Det är i överensstämmelse med den moderna uppfattningen av hela Bergslagsregionen som en blandad marin och terrestriskt paleomiljö, med inslag av öbågar, kalderastrukturer och

omfattande felsisk vulkanism (Allen *et al.* 1996).

Mn och Fe har likartade kemiska egenskaper, men i genomsnittlig jordskorpa är Fe 50 gånger vanligare än Mn. I vattenlösning vid lågt pH och intermediär redoxpotential föreligger de båda metallerna som divalenta joner (Mn^{2+} , Fe^{2+}). Den viktiga skillnaden är att Mn^{2+} har ett något större stabilitetsområde (högre löslighet). I en redoxgradient (där man rör sig mot högre O_2 -aktivitet) kommer Fe att fällas ut först av dem, under normala förhållanden som oxyhydroxider, varefter olika Mn-föreningar bildas. Detta faktum ligger bakom de viktigaste fraktioneringsprocesserna. Mikrobiell aktivitet kan bidra till oxidationen.

En enkel modell som visar hur Mn kan anrikas och fällas ut presenterades av Bonatti på 1970-talet. Den magmatiska aktiviteten i anslutning till exempelvis en mittoccean rygg eller öbåge fungerar som en motor för en hydrotermal konvektionscell. Havsvatten infiltrerar i exemplet en basaltisk bergart och kan laka ur metaller och svavel. En del sulfidjoner produceras genom reduktion av i havsvattnet befintliga sulfater. Mn/Fe-förhållandet i fluiden stiger då en del Fe på återvägen fälls ut i form av sulfider redan i kanaler under oceanbotten. När de reducerade hydrotermala lösningarna kommer i kontakt med kallare havsvatten med lösta mängder av O_2 , fälls resterande Fe och en stor mängd Mn ut i nära anslutning till utloppskanalerna. En del metall kvarstannar förstås i lösning och kan transporteras tusentals km bort. Andra grundämnen kan anrikas parallellt med Mn, dels genom samtidig utfällning, dels genom adsorption på primära manganminerals negativt laddade kristallytor.

Karakteristisk för hydrotermalt bildade malmer är att de är bundna till tektoniskt aktiva miljöer, växer till snabbt och är lokala till sin natur. På havsbotten förekommer också hydrogenetiska Mn-mineraliseringar. Dessa bildas i mycket långsam takt, genom direkt utfällning i stilla vatten, och kan täcka mycket stora arealer. Diagenetiska och supergena processer kan också ligga bakom uppkomsten av Mn-fyndigheter, vars morfologi och mineralogi naturligtvis påverkas av senare deformation och metamorfos, men vilkas grundläggande geokemiska karaktär ofta överlever. Detta gör det möjligt att urskilja olika genetiska typer av Mn-mineraliseringar rätt oberoende av deras senare geologiska historia (Nicholson 1992).

Sammanfattar man den tillgängliga informationsmängden, nyligen kompletterad med geokemiska data för Sjögruvan (Holtstam & Mansfeld 2000), som är den minsta förekomsten av detta slag, kan man anta följande: Fe-Mn malmerna har fällts ut från havsvatten-dominerade hydrotermala lösningar som även anrikats på Ba, Sb, Pb, As etc. genom urlakning av de lokalt tillgängliga, felsiska vulkaniterna. Flödena har i huvudsak varit fokuserade till specifika utloppskanaler, där den omedelbara närmiljön har erbjudit den nödvändiga gradienten i redox-förhållanden och pH för separationen av metallerna. Det finns en betydande inblandning av detritus i mineraliseringarna (element som inte har hydrotermalt ursprung utan snarare tillförts i form av mineralpartiklar, till exempel aluminium, Al, och titan, Ti), vilket visar på kontinentnära förhållanden.

Diversitet

För att ge en uppfattning om mineralrikedomen har samtliga species kända från Långban, uppdelade på Strunz' mineralklasser, listats i tabellen nedan. Den omfattar närmare 270 stycken (om övriga lokaler av Långbantyp vore inkluderade skulle antalet stiga över 300).

Två omständigheter kan sägas vara huvudorsaker till uppkomsten av den unika mineralfloran vid dessa lokaler. Totalsammansättningen av bergarterna (som givetvis avspeglar de primära sedimenten) har stor betydelse. De manganrika litologierna är generellt sett undermåttade på kisel, Si (fri kvarts är en sällsynthet), vilket bland annat gynnar uppkomsten av neso- och ortosilikater på bekostnad av mer polymeriserade faser som vanliga fältspat- och glimmermineral.

Tack vare kombinationen av kiselundermåttad och anrikningen på Ba, As, Sb och Pb och i viss uträkning även bor (B) och beryllium (Be) i protoliterna, har det bildas ett antal exotiska skarnmineral under den metamorfos som drabbat mineraliseringarna. Uppskattningar av metamorfosgraden ger temperaturer på över 600°C och tryck runt 1–2 kbar. Större delen av skarnet består av pyroxener, granater, amfiboler etc., men en betydande andel utgörs av betydligt ovanligare mineral. Ett gott exempel är långbanit, ett kiselfattigt silikat med intrikat atomär struktur och den ideala sammansättningen $\text{Mn}^{2+}_4\text{Mn}^{3+}_9\text{SbSi}_2\text{O}_{24}$. Det illustrerar också att oxidationsförhållandena, som tillåter samtidig stabilisering av både Mn^{2+} och Mn^{3+} , är av betydelse för mineralrikedomen. I synnerhet Mn^{3+} -jonen spelar en diversifierad roll på grund av den speciella elektronkonfigurationen och förmåga att skapa distorderade

koordinationsmiljöer i kristallstrukturer. Det kan i stor utsträckning sägas gälla även för Pb^{2+} , med sitt ensamma "tröga" elektronpar.

Den andra centrala faktorn är uppkomsten av sprickor av varierande dimensioner i bergarterna (på grund av spröd deformation), vilka penetrerats av hydrotermala lösningar och fungerat som substrat för mineraltillväxt under kortare eller längre tidsperioder med avtagande temperaturer. De mest frekventa sprickmineralen är kalcit och baryt, men närmare 50% av de angivna mineralen i tabellen är karakteristiska för denna miljö. Studier av vätskeinneslutningar (mikrotermometri) visar på att temperaturer under 170°C sannolikt varit förhållande under kristallisationen av flertalet faser i spricksystemen (Jonsson & Broman 1998).

De låga temperaturerna är i sig en förutsättning för mineralrikedomen. Under sådana förhållanden är många föreningar som fordrar komplexbindning med hydroxid- och hydratligheter stabila. Detta gäller inte minst arsenaterna, exempelvis sarkinit

$\text{Mn}_2(\text{As}^{5+}\text{O}_4)(\text{OH})$ och brandtit,

$\text{CaMn}(\text{As}^{5+}\text{O}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. As är jämte Pb den mest betydelsefulla komponenten i de karakteristiska Långbanmineralen (ca 50 mineral vardera), varav alltså flertalet är sprickbundna.

Förekomsten av arseniter som finnemanit, $\text{Pb}_5(\text{As}^{3+}\text{O}_3)\text{Cl}$, och

magnussonit, $\text{Mn}^{2+}_5\text{As}^{3+}_3\text{O}_9(\text{OH})$, samt gedigna metaller, till exempel de stora mängderna gediget bly som bidragit till Långbans världsberömmelse, indikerar att reducerande förhållanden rått i vissa spricksystem. Blymetallen, ibland i form av tydligt utbildade kristaller(!), är ofta associerad med pyrokroit, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, som i sin tur antyder att starkt basiska

(höga pH-värden) fluider stått för mineralbildningen.

Långban och dess satelliter är *la crème de la crème* bland Nordens mineralfyndigheter, och kommer sannolikt att fortsätta fångsla mineraler av alla kulörer för lång tid framöver. *So little done, so much to do.*

Litteratur

ALLEN, R., LUNDSTRÖM, I., RIPA, M. & CHRISTOFFERSON, H. (1996): Facies analysis of a 1.9 Ga, continental margin, back-arc, felsic caldera province with diverse Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) sulfide and Fe oxide deposits, Bergslagen region, Sweden. *Economic Geology* **91**, 979-1008.

BOSTRÖM, K., RYDELL, H. & JOENSUU, O. (1979): Långban – an exhalative sedimentary deposit? *Economic Geology* **74**, 1002-1011.

HOLTSTAM, D. & LANGHOF, J., red. (1999): *Långban. The mines, their minerals, geology and explorers*. 218 s. Raster Förlag, Stockholm.

HOLTSTAM, D. & MANSFELD, J. (2000): Carbonate-hosted Fe-Mn-(Ba-Sb-As-Pb-W) mineralization in the Fennoscandian shield: Sjögruvan (Örebro, Sweden) revisited. *Abstracts, 24. Nordiske Geologiske Vintermøte, Trondheim*, 85.

JONSSON, E. & BROMAN, C. (1998): Fluid inclusion studies of hydrated Mn arsenates and associated minerals from the Långban mine, Sweden. *Abstracts, International Mineralogical Association, 17th General Meeting, Toronto*, A32.

MAGNUSSON, N.H. (1930): Långbans malmtrakt. *Sveriges Geologiska Undersökning* **Ca23**, 1-111.

MOORE, P.B. (1970): Mineralogy & chemistry of Långban-type deposits in Bergslagen, Sweden. *Mineralogical Record* 1, 154–172.

NICHOLSON, K. (1992): Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: guides to

metallogenesis. *Economic Geology* 87, 1253–1264.

SJÖGREN, H. (1891): Om de svenska jernmalmslagrens genesis. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 13, 373–435.

Tabell över Långbans mineral. * = typmineral

Element, legeringar	metadomeykit molybdenglans pyrit rammelsbergit realgar roquesit spionkopit skinnerit(?) stannoidit stibnit tennantit tetrahedrit vismutglans wittichenit zinkblände	hematit hiärneit* ingersonit* jakobsit kassiterit kuprit kvarts lithargit makedonit magnesioferrit magnetit magnetoplumbit* manganosit* manganostibit massicot opal periklas pyrolusit pyrofanit roméit rutil senarmontit spinell swedenborgit* valentinit zenzénit*
Sulfider, arsenider, antimonider, tellurider, sulfosalter		
aikinit algodonit altait auripigment betekhtinit blyglans bornit covellin cubanit cuprostibit digenit djurleit domeykit freieslebenit(?) koboltglans koboltpentlandit kopparglans kopparkis koutekit löllingit magnetkis markasit	Halider, oxyhalider blixit* ekdemit* fluorit heliofyllit(?) mendipit nadorit perit* sahlinit* sundiusit*	
	Oxider bindheimitt bixbyit bromellit* crednerit filipstadit* franklinitt gahnitt hausmannitt	Arseniter armangit* finnemanitt* freedit* magnussonitt* manganarsitt* paulmooreitt* rouseitt* stenhuggaritt*

trigonit*

Hydroxider

brucit
feitknechtit
goethit
lepidokrokit
manganit
pyrokroit
quenselit*
tetrawickmanit
wermlandit*
wickmanit*

Karbonater, borater

aragonit
azurit
barytokalcit
benstonit
cerussit
dolomit
filolithit*
fredrikssonit*
hydrocerussit*
hydrotalcit
kalcit
kutnohorit
malakit
norsethit
ortopinakiolit*
pinakiolit*
pyroaurit*
rodokrosit
sjögrenit*
takéuchiit*

Sulfater, volframater

anhydrit
baryt
gips
lanarkit
scheelit
stolzit

Fosfater, arsenater, vanadater

adelit*
akrokordit*
arakiit*
allaktit

arseniopleit
arsenoklasit*
bergslagit*
berzeliit*
brandtit
eveit*
flinkit
fluorapatit
gabrielsonit*
hedyfan*
hematolit
hörnesit
karyinit*
manganberzeliit*
manganhörnesit*
mimetit
parwelit*
pyrobelonit*
sarkinit
svabit
synadelfit
tilasit*
turneaureit*

Nesosilikater

alleg hanyit
andalusit
andradit
braunit
datolit
dixenit*
fenakit
forsterit
hibschit
katoptrit
klinohumit
kondrodit
långbanit*
manganhumit
sillimanit
sonolit
spessartin
tefroit
titanit
thaumasit
trimerit
welinit*
willemnit
zirkon

Sorosilikater

allanit-(Ce)
aminoffit*
barylit*
barysilit
epidot
ericssonit*
ganomalit*
ilvait
julgoldit-(Fe²⁺)*
kentrolit
klinozoisit
melanotekit*
molybdofyllit*
nasonit
ortoericssonit*
piemontit
vesuvian
zoisit

Cyklosilikater

cordierit
dravit
margarosanit
roeblingit
taramellit

Inosilikater

aktinolit
bustamit
diopsid
gedrit
inesit
joesmithit*
johannsenit
magnesiostastingsit
manganorichterit
pargasit
pektolit
kalirichterit
prehnit
rodonit
richterit*
sverigeit*
tremolit
welshit*
wollastonit
xonotlit
ägin

Fyllosilikater

antigorit
bementit
cymrit
flogopit
fluorapofyllit
friedelit
glaukonit
gonyerit*
hisingerit
hyttsjöit*
jagoit*
karyopilit
kinoshitalit

klinoklor
klinokrysotil
lizardit
montmorillonit
muskovit
pennantit
pyrofyllit
sepiolit
stevensit
talk
tetra-ferriflogopit

Tektosilikater

albit

banalsit
celsian
chabazit
harmotom
helvit
hyalofan
hyalotekit*
laumontit
marialit
mikroclin
natrolit
phillipsit
stilbit
thomsonit