

Když tedy žíly jsou vyřizovány a sledovány, patří sem lidé rozumějící hornictví, kteří dovedou letkovat, zkoušet a rozlišovat dobrý cvitr od nepravého, neboť cvitr se zřídka láme čistý a sám.

Mathesius (Sarepta)

Mineralizační stadia a jejich časová posloupnost

Výplň rudních žil v jáchymovské oblasti tedy vznikla jako výsledek složitého mineralizačního procesu, při němž rudodárné hydrotermální roztoky pronikaly do žilných struktur a v období určitého mineralizačního stadia uložily totožný transportovaný materiál na dostupných žilných trhlínách, takže produkty jednotlivých stadií mineralizace se často prostorově překrývají. Na druhou stranu minerály jednotlivých stadií nejsou vždy zastoupeny na všech žilách stejně a v celé jejich ploše. To je důsledek kombinace více vlivů z nichž převládá tektonická činnost, která v době tvorby hydrotermálních žil způsobovala přechodné, částečné nebo i úplné, uzavření některých puklin.

Mladší fáze hydrotermálních roztoků byly v chemicky nerovnovážném stavu se starší žilnou výplní, což způsobovalo intenzivní vnitrožilnou metasomatózu. Především v místech, kde byly mocnosti žilné výplně menší, docházelo často k atakování, přeměně a vyluhování méně stabilních komponent.

Studium prostorového rozmístění jednotlivých typů rud na jáchymovském ložisku ukázalo, že intenzita tektonických pohybů v průběhu mineralizačního procesu postupně slábla, neboť produkty starších mineralizačních stadií jsou zastoupeny na větším počtu žil než je tomu u mladší mineralizace, která je reprezentována převážně ve střední a SV části rudního revíru. Zřejmá je vertikální zonálnost žil.

Geochemicky lze časovou posloupnost hypogenních mineralizačních stadií stanovit schematicky takto:

1) stadium Sn-W arzén-sulfidické mineralizace;

Toto nejstarší stadium je úzce spjaté s autometamorfózou mladších granitoidů, které tvoří podloží celé oblasti, tudíž nesouvisí s pětiprvkovou formací (U±Ag-Bi-Co-Ni). Tato minerální asociace je nejvýše temperovaná (výskyt mawsonitu ukazuje na teploty vzniku <300 °C) a jsou v ní zastoupeny především sulfidy a sulfoarzenidy, z ryzích kovů je přítomen pouze vizmut. Minerální akumulace příslušející tomuto stadiu převážně nejsou bezprostředně vázány na puklinový systém, ale jsou tvořeny rudními impregnacemi v greisenizovaných horninách. Vzácně byly pozorovány slabé projevy mineralizace tohoto stadia na některých žilách převážně SV-JZ a V-Z.

Minerální sukcese je složena z několika samostatných period, náležejících pravděpodobně pneumatolytickému a vysoce temperovanému hydrotermálnímu stadiu mineralizace. Minerální parageneze Sn-W arzén-sulfidické mineralizace jsou v jáchymovském rudním revíru ojedinělé, mají generelní směr východ-západ, jejich úložné poměry jsou však značně proměnlivé. Byly zaznamenány např. na Trojické žíle zastižené na patře Daniel Dolu Svornost. V důlním poli Rovnost I byly přetnuty žilami pětiprvkové asociace, které způsobily jejich přemístění asi o 0,5 m. Minerální asociace zastižená štolou Giftkies (resp. štolami č. 20, 21 a 22) rovněž obsahuje tento typ mineralizace.

Žíly této mineralizace mají převážně následující minerální asociaci – hlavní výplň je křemen, pyrit, arsenopyrit, turmalín, flogopit, rutil-(W) či anatas, kassiterit, molybdenit a dále mladší sulfidy jako chalkopyrit, bornit, tennantit, argentotennantit, freibergit, aikinit, matildit, tmavý sfalerit, galenit, stannin, kösterit, mawsonit, gersdorffit. Tyto minerály se vyskytují v křemenných žilách nebo jsou impregnovány v silně alterovaných greisenech (biotitizace) v nejrůznějších kombinacích nebo samostatně.

Zajímavé jsou akcesorické výskyty mikroskopického roquesitu zarostlého v mawsonitu a stanninu, indikující vysoké obsahy In v krystalizačních roztocích, ale také potvrzující příbuznost jáchymovského Sn-W arzén-sulfidického mineralizačního stadia s Cínovcem, kde byla nalezena velmi blízká parageneze.

stadium Sn-W arzén-sulfidické mineralizace



ferberit
(halda Rovnost I, Jáchymov, 1995)



krystal a zrna fluorapatitu
(halda Rovnost I, Jáchymov, 1995)



hübnerit



(Štola č. 21, Jáchymov, 2000)



topaz
(halda Rovnost I, Jáchymov, 1995)



anatas
(Štola č. 22, Jáchymov, 2005)



chalkopyrit
(Štola č. 22, Jáchymov, 1995)



arsenopyrit
(Štola č. 22, Jáchymov, 2003)

2) bezrudní stadium;

K nejstarším minerálům patří křemen tvořící několik typických odrůd – chalcedonovitý, železitý, ametystový a hřebenovitý. Chalcedonový typ je šedě zbarven a obsahuje mikroskopické vměstky pyritu a jílových minerálů. Železitý křemen je hnědočervený od pigmentace Fe-oxidů, místy je jemnozrně impregnován chalkopyritem. Oba popisované typy křemene jsou charakteristické pro výplň spodní části mohutnějších severojižních žil. Značně rozšířen je rovněž křemen hřebenovitý, který je bezbarvý (příležitostně pigmentován hematitem ve vrcholových částech krystalů), palisádovitě narůstající na stěny trhlin a úlomky bočních hornin, popř. brekcie obou předchozích křemenných odrůd. Podstatně menší měrou jsou zastoupeny světlezelený fluorit a karbonáty-(Fe,Ca), silně postižené zatlačováním.

bezrudní stadium



křemen (quartz), kalcit
(halda Eva, Jáchymov, 1986)



kalcit (calcite)
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1979)

3) mineralizační stadium uraninitové;

Hlavním rudním minerálem je kolomorfní ledvinovitý uraninit doprovázený růžovým dolomitickým karbonátem, sporadicky tmavě fialovým fluoritem, šedým až černým křemenem a pyritem. Zbarvení fluoritu se v blízkosti čoček uranových rud mění vlivem radioaktivity až do černých odstínů. Krystaly karbonátů, které se vylučovaly v okolí uraninitu zpravidla obsahují tenké hnědočervené vrstvy Fe-oxidů, indikující růstové zóny. Na rozdíl od vysráženého a relativně stálého Fe_2O_3 se nově vzniklý UO_2 v oxidačních periodách následně snadno rozpouštěl a remobilizoval na delší vzdálenosti. Pyrit místně vytváří spolu s uraninitem páskovanou texturu žíly.

stadium uraninitové



uraninit
(Jáchymov-Svornost, žíla Prokop, 1982)



uraninit, dolomit
(halda Barbora, Jáchymov, 1992)

Produkty tohoto stadia jsou v proměnlivém množství zastoupeny ve velkém počtu půlnočních žil. Hydrotermální roztoky této periody byly středně temperované (cca 200 °C), minerální paragenese byly vytvořeny v mírně oxidačním, neutrálním až slabě alkalickém prostředí. Tyto obecné charakteristiky jistě značně oscilovaly, neboť lokálně docházelo ke coffinitizaci smolince.

4) stadium arzenidové

a) paragenese stříbrná

ryzí stříbro (silver), akantit (acanthit), rammelsbergit, nikelin (nickelin), nickel-skutterudit

b) paragenese vizmutová

ryzí vizmut (bismuth), skutterudit, rammelsbergit, safflorit

c) paragenese přechodná

ryzí vizmut, rammelsbergit, nikelin

d) paragenese arzenidová (bez ryzích kovů)

nickel-skutterudit, skutterudit, nikelin, rammelsbergit, löllingit

Arzenidové mineralizační stadium je zastoupeno na menším počtu žil než mineralizace uraninitová. Fázové a chemické složení žil arzenidové mineralizace je však mnohem pestřejší a patří na ložisku mezi nejkomplikovanější. Hydrotermální rudodárné roztoky byly středně až mírně temperované (do 150 °C), minerální paragenese byly vytvořeny v silně redukčním, neutrálním nebo slabě alkalickém prostředí.

Žilným minerálem je světlý křemen, poloprůhledný nebo pigmentovaný, často s jemnozrnnou tmavošedou rudní impregnací. Tvorba křemene probíhala i po dokončení krystalizace arzenidů. Arzenidové rudy jsou lokalizovány i v dolomitických karbonátech, které pravděpodobně reprezentují remobilizovaný materiál ze starší žilné výplně.

Hlavní podíl rudních minerálů tvoří stříbro, vizmut, nikelin, Co-Ni-Fe-diarzenidy (rammelsbergit, safflorit, löllingit) a triarzenidy (skutterudit, nickel-skutterudit). Jako heterogenní komponenta patří do této asociace drobné agregáty uraninitu, remobilizovaného z paragenesí staršího uraninitového mineralizačního stadia.

Prostorově jsou s arzenidy v asociaci produkty přeměn obou ryzích kovů (regenerovaný vizmut, bismutin (bismutinit), argentit (acanthit), sternbergit, argentopyrit, stříbro aj.), vzácněji též produkty alterace arzenidů (gersdorffit, glaucodot, alloclas, pararammelsbergit, krutovit aj.).

a) paragenese stříbrná



rammelsbergit, nikelin (nickelin), stříbro (silver)
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1909)



nikelin, rammelsbergit, akantit (acanthit), stříbro
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1976)

b) parageneze vizmutová



vizmut (bismuth), skutterudit
(Jáchymov-Svornost, žíla Kryštof, 1992)



vizmut, skutterudit, safflorit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1959)

c) parageneze přechodná



nikelin, rammelsbergit



(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1995)



nikelin, rammelsbergit



(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1995)



bismutin (bismutinite)
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1987)



vizmut, bismutin, nikelin, rammelsbergit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1989)

d) paragenese arzenidová



nickel-skutterudit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1988)



nickel-skutterudit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1988)



kovově růžový nikelin často tvoří i ledvinité agregáty

(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1978)





nikelin, annabergit
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1978)



rammelsbergit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1974)

5) mineralizační stádium *sulfoarzenové*

Toto mineralizační stádium se v omezené míře projevilo na řadě žil, zejména ve střední a severozápadní části rudního pole. Většinou šlo o drobné výskyty převážně lokalizované ve svrchních partiích žil. Na hydrotermálním procesu sulfoarzenového mineralizačního stadia se výrazně podílela síra, lokálně, a v menší míře, i antimon. Pro toto stádium je typická vyšší oxidační schopnost rudodárných roztoků, neutrální nebo slabě kyselé prostředí. Teplota krystalizace na začátku periody probíhala v rozmezí 180-200 °C, v samém jejím závěru pak kolem 60 °C.

Produkty tohoto mineralizačního stadia tvoří buď samostatné výskyty, nebo jsou prostorově sdruženy s minerály arzenidové mineralizace či polymetalickým zrudněním mladší sulfidické mineralizace. Ve větším množství a značném vertikálním rozsahu se sulfoarzenová mineralizace projevila na žíle Geschieber v důlním poli jámy Svornost. Nejhojnějším rudním minerálem je ryzí arzén (arsenic) doprovázený stříbrnou mineralizací (proustit-pyrargyrit, argentopyrit, sternbergit, stefanit), někdy i realgarem a löllingitem. Hlavním žilným nerudním minerálem je dolomitický karbonát.

stádium sulfoarzenové



arzén (arsenic)
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1976)



arzén
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1979)



arzén, realgar

(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1989)



arzén, realgar

(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1991)



arzén, proustit

(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1974)



proustit, dickit

(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1975)



stefanit (stephanite), polybasit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1986)



stefanit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1991)



stefanit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1983)



polybasit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geschieber, 1985)

6) mladší sulfidické mineralizační stadium

Rozšíření tohoto mineralizačního stadia je sice dosti extenzivní, ale vytváří jen drobné, nevýznamné akumulace (buď samostatné, nebo nasedající na starší rudy). Minerální paragenese mladšího sulfidického stadia vyplňují kontrakční trhliny staršího uraninitu (uraninitové stadium), prostorově asociuje i s okrajovými, popraskanými nebo vplouženými zónami rud arzenidového stadia.

Hlavními rudními minerály jsou běžné sulfidy – galenit (s nízkým obsahem Ag) a sfalerit (světlý, s nízkým obsahem Fe, In a Cd). Do této paragenese dále patří chalkopyrit, pyrit a markasit. Arzén je vázán výhradně na arsenopyrit a tennantit, ojediněle byl na žilách zaznamenán výskyt bornitu s odmíšeninami chalkopyritu, tetraedrit, robinsonit a boulangerit.

Převládajícím žilným minerálem je karbonát, nejčastěji kalcit, v němž tvoří sulfidické minerály impregnace nebo páskové textury. Výskyt tohoto karbonátu není pravidelný, často absentuje, a to i v případě celistvých akumulací galenitu, sfaleritu a chalkopyritu.

Rozsah tepelné stability většiny minerálů tohoto mineralizačního stadia je tak široký, že ho nelze použít pro ocenění teploty jejich vzniku. Existence odmíšenin chalkopyritu v bornitu ukazuje na zmenšující se pevný roztok v důsledku snižování teploty. Velmi nízkou teplotu hydrotermálních roztoků indikují sulfidy mědi jako djurleit ($>93\text{ }^{\circ}\text{C}$) a anilit ($>87\text{ }^{\circ}\text{C}$), tepelná stabilita obdobného roxbyitu není známa. Rovněž přítomnost smythitu, stabilního pod $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, dokládá nízkoteplotní podmínky vzniku.

mladší sulfidické stadium



pyrit, galenit (galena), sfalerit, kalcit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geyer, 1985)



pyrit, kalcit
(Jáchymov-Svornost, žíla Geyer, 1979)



galenit, kalcit
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1997)



sfalerit, arsenopyrit, kalcit
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1976)



sfalerit, kalcit
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1976)



sfalerit, kalcit
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1976)



smythit, kalcit

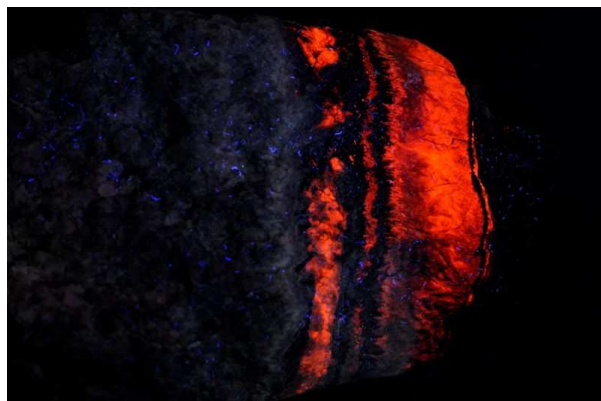


(Jáchymov-Svornost, žíla Hildebrand, 1996)

7) *porudní mineralizační stádium*

Tato porudní etapa je v jáchymovském rudním revíru dosti nezřetelná, takže vztah tohoto sterilního mineralizačního stadia k celkové sukcesi ložiska dosud není jednoznačně vyřešen. Dominantním minerálem tohoto stadia je kalcit-(Mn), zaplňující především odžilky mohutných SZ-JV zlomů. Projevy fluorit-barytové periody nejsou v jáchymovské rudní oblasti příliš zjevné, neboť baryt se vyskytl pouze ojediněle a v minerálních paragenezích je prakticky zastoupen pouze fluorit starších mineralizačních stadií. Rovněž chalcedonový křemen až opál bývá na rudních žilách spíše výjimkou.

porudní stádium



kalcit-(Mn) v UV světle
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1988)



kalcit-(Mn), kalcit, ankerit, siderit, sfalerit
(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1999)



opál



(halda Zimní Eliáš, Jáchymov, 1978)

Nejrozšířenější stadia jsou arzenidové, sulfoarzenové a zejména smolincové.