

## **Akcesorické minerály**

*Milan Novák*

*Ústav geologických věd, PřF MU v Brně*

### **Úvod**

#### **1. Problém definice**

Klasická definice akcesorického minerálu říká, že jde o minerál, který je přítomen v hornině v množství menším než 2 %.

Tato definice je formální a využitelná pouze pro formální klasifikace hornin, z vědeckého hlediska nemá žádný význam především z těchto důvodů:

- pro stanovení hranice na 2% není žádný vědecky udržitelný důvod
- horniny jsou často nehomogenní a obsah jednotlivých minerálů kolísá, a to často i v rámci jednoho výbrusu, proto může obsah sledovaného minerálu kolísat od akcesorického po vedlejší množství
- jen vzácně známe modální složení horniny, takže hranici 2% platnou pro akcesorické minerály spíše odhadujeme

Upřesňující definice

- Akcesorické minerály (AM) – accessory minerals - jsou takové minerály, které jsou v hornině přítomny v malém množství (hranici je možno si stanovit individuálně a řádně zdůvodnit, ale asi by neměla být vyšší než asi 5%, ale mohou být koncentrovány v různých útvarech). Dále je důležité, aby AM vznikaly v hornině během stejného procesu jako hlavní horninotvorné minerály, resp. neměly by být mladší, např. zeolity nebo chlority. Na druhé straně mezi ně řadíme starší AM, např. oválné zirkony

v magmatitech, které jsou reliktem z původní tavené horniny a jsou starší než všechny nebo většina horninotvorných minerálů v dané hornině.

- Těžké minerály (TM) – heavy minerals - minerály klastických sedimentárních hornin (zpevněných i nezpevněných), většinou přítomné pouze v akcesorickém množství, které jsou mechanicky a chemicky odolné tzv. refraktorní. Mezi TM patří jak většina typických AM, tak některé běžné horninotvorné minerály (amfiboly, pyroxeny).

V čem jsou akcesorické minerály tak důležité ve srovnání s běžnými horninotvornými minerály?

- Některé horninotvorné minerály jsou chemicky i strukturně natolik monotónní a jejich pole stability je tak velké, že neposkytují další důležité informace běžně používanými metodami. Typický příklad je křemen.
- Další minerály jsou chemicky relativně jednoduché (např. pyroxeny, olivín) a kromě hlavních geochemických poměrů, např. Fe/Mg popř. odmíšené lamely v pyroxenu neposkytují další důležité informace běžně používanými metodami.
- Složení jiných minerálů je natolik komplikované nebo jsou velmi nehomogenní nebo podléhají alteracím (olivíny, živce, amfiboly, slídy), takže jejich využití není často jednoduché.
- Využití moderních metod jako je CL, studium fluidních inkluzí, LA-ICP-MS, Ramanovská spektroskopie, SIMS a řada dalších u těchto minerálů ale může dát zajímavé informace, takže i běžné horninotvorné minerály **je nutné!! studovat detailně**. Ale některé z uvedených metod nejsou často jednoduše přístupné.
- **Nejlépe je studovat obojí, horninotvorné i akcesorické minerály.**

## 2. Proč jsou v horninách přítomny některé minerály pouze nebo většinou v akcesorickém množství?

Hlavním důvodem je to, že obsahují jako dominantní chemické prvky, které jsou v hornině přítomny jen malém množství, většinou se jedná o tzv. inkompatibilní prvky, které nevstupují do hlavních horninotvorných minerálů. Do AM ale někdy vstupují i kompatibilní prvky.

Příklady:

### Inkompatibilní

- REE (rare earth elements) + La, Y, Sc

Hlavní minerály: xenotim-(Y), monazit-(Ce), allanit-(Ce)

Minoritní minerály: další vzácnější minerály ze skupiny monazitu a allanitu

- HFSE (high field strength elements) – Zr, Hf, U, Th, Nb, Ta, Ti, Sn, W

Hlavní minerály: zirkon, rutil, titanit, ilmenit

Minoritní minerály: wolframit, scheelit, kasiterit, columbit-tantalit, mikrolit-pyrochlor, thorit, coffinit, hafnon

- PGE (platinum group element) – Pt, Ru, Pd, Os

Minerály: platina, iridium

- lehké prvky – B, Be, Li

Hlavní minerály: turmalíny

Minoritní minerály: dumortierit, beryl, fenakit, Li-slídy, grandidierit, boralsilit, werdingit, kornerupin, boráty

### Kompatibilní

- prvky vystupující jako aniony v nízkých koncentracích – S, P, As, F, Cl

Hlavní minerály: apatit, pyrit, pyrhotin

Minoritní minerály: baryt, topaz, skapolit, foidy, sulfidy

- LFSE nebo také LIL (large-ion elements) – Rb, Cs, Ba, Sr, Pb

Minerály: pollucit, celsian

Dalším ale méně častým důvodem je malé pole stability určitého minerálu v PT podmínkách (např. velmi vysoký tlak) často v kombinaci se zvýšenou aktivitou některé ze složek, obsažené v minerálu (např. vysoký oxidační stupeň). Tyto minerály často obsahují zcela běžné prvky – Ca, Mn, Mg, Fe, Al, Zn – staurolit, granáty, andalusit, sillimanit, kyanit, cordierit, spinel, gahnit, magnetit, hematit aj. V tomto případě je za pouze akcesorické množství těchto minerálů v horninách odpovědná např.:

- přítomnost andalusitu  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  (a také sillimanitu, kyanitu) je ovlivňována poměrem alkálie/Al, tzv. ASI indexem, tlakem a teplotou.
- diaspor  $\text{AlOOH}$  má poměrně úzké pole stability v PT diagramu a vyžaduje nízkou aktivitu Si a alkálií.
- korund  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ukazuje na vysoký obsah Al a nízkou aktivitu Si, alkálií a  $\text{H}_2\text{O}$ .
- Gahnit  $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$  odráží zvýšenou koncentraci prvku (Zn) v hornině, který ale není vázán v dostatečném množství např. v biotitu nebo ve staurolitu.
- Staurolit vyžaduje vysoký poměr Al/Si.
- topaz  $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$  peraluminické složení horniny a vysokou aktivitu F
- stišovit, coesit –  $\text{SiO}_2$  a diamant – C extrémně vysoký tlak
- yoderit  $(\text{Mg},\text{Al},\text{Fe}^{3+})_8\text{Si}_4(\text{O},\text{OH})_{20}$  vysoký tlak v kombinaci s vysokým oxidačním stupněm

- Grandidierit, werdingit, boralsilit (borosilikáty s vysokým poměrem Al/Si + Mg,Fe) – vysokou aktivitu B při velmi nízké aktivitě H<sub>2</sub>O
- Velké množství nějakého AM v hornině ukazuje na extrémně vhodné podmínky pro jeho vznik, které jsou také velmi důležitou geologickou informací.

### 3. Význam studia AM

Význam AM neustále roste a lze je využít např. pro:

- radiometrické datování (zirkon, monazit, granát, titanit, allanit, rutil), pro reálné interpretace je nutno ale studované minerály detailně studovat (alterace, vztah k jiným minerálům)
- geochemické interpretace, např. stupeň frakcionace - poměr některých prvků v AM, např., Nb/Ta, Zr/Hf, Y, HREE/LREE
- odhad PTX podmínek vzniku minerálních asociací – staurolit, cordierit, Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> modifikace, topaz, vesuvian, aj.
- oxidační stupeň – např. páry magnetit/ilmenit a allanit/monazit
- aktivita některých stopových nebo podřadných prvků – P, F, As, Ba, Cl aj.
- provenienční studie sedimentů – na základě minerálních asociací a chemického složení minerálů lze zjistit poměrně spolehlivě snosové oblasti
- zralost sedimentů – minerální asociace a opracování zrna slouží pro odhad zralosti sedimentu

### Přehled přednášek

1. Skupina turmalínu a další borosilikáty (dumortierit) - Novák

2. Minerály Nb, Ta, W, Sn (columbit-tantalit, Nb,Ta-rutil, pyrochlor-mikrolit, tapiolit, wolframit, kasiterit, scheelit) - Novák
3. Hliníkem bohaté silikáty -  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  modifikace, staurolit, chloritoid, safírín - Novák
4. Beryl a další Be-minerály - Novák
5. Těžké minerály - Čopjaková
6. Skupina granátu - Čopjaková
7. Spinelidy - Čopjaková
8. Minerály Ti – rutil, ilmenit, titanit - Škoda
9. Minerály REE – monazit, xenotim, allanit - Škoda
10. Zirkon - Škoda
11. Apatit a další primární fosfáty - Škoda