

Ústav geologických věd PřF MU, Brno

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

G8610 Petrologie magmatických a metamorfovaných hornin

## Minerální asociace invariantního bodu a její využití v petrologii metamorfovaných a magmatických hornin

Osnova:

1. Definice divariantní, univariantní a invariantní minerální asociace
2. Postup při využití invariantních asociací
3. Příklad  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  modifikací pro poměrně přesný odhad  $PT(X)$  podmínek.
4. Příklad metamorfovaných karbonátových hornin
5. Příklad z metamorfovaných dolomitických mramorů oblasti třebíčského plutonu

Rovnovážné minerální asociace lze podle vzájemných vztahů rozdělit na divariantní, univariantní a invariantní. Poslední jsou v přírodě nejvzácnější, ale mají značný petrologický význam. Proto by mělo být naším záměrem hledat tyto asociace v přírodních objektech a umět je využít v geologických implikacích.

1. Definice divariantní, univariantní a invariantní minerální asociace

Odvodíme je z fázového pravidla

$$P + F = C + 2$$

Kde:  $P$  = počet fází (např. křemen, andalusit),  $C$  = počet komponent v systému ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ),  $F$  = počet stupňů volnosti (např.  $P, T$ ), jejichž hodnotu můžeme nezávisle měnit, aniž se by se změnila stabilita minerálních fází v systému.

Pro invariantní asociaci platí:

$$F = 0$$

Tedy počet fází je 4 (křemen, andalusit, kyanit, sillimanit)

Zaměříme se na rovnovážné divariantní, univariantní a hlavně invariantní asociace především v metamorfovaných ale i magmatických horninách.

Nejnámějším příkladem užívání divariantních, univariantních a invariantních minerálních asociací pro petrologické implikace jsou modifikace  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  – andalusit, sillimanit a kyanit především v metamorfovaných horninách.

Obr. 1. PT diagram pro systém AS.

divariantní pole - rovnovážná asociace křemen + 1 modifikace  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  - nejčastější  
univariantní křivka - rovnovážná asociace křemen + 2 modifikace  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  - méně častá  
invariantní bod - rovnovážná asociace křemen + 3 modifikace  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  – velmi vzácná

Přítomnost rovnovážné minerální asociace některého z uvedených typů nám pomůže např. odhadnout PT podmínky vzniku dané minerální asociace a tak určit PT podmínky pro určitou část vývoje studované horniny.

Podobná pravidla platí i pro komplikovanější systémy:

Obr. 2.  $\text{TX}_{\text{CO}_2}$  diagramy pro systém CASH- $\text{CO}_2$ .

## 2. Postup při využití invariantních asociací

Zásadním problémem je, jak rozpoznat rovnovážnou minerální asociaci odpovídající:

divariantnímu poli

univariantní křivce

invariantnímu bodu

ve studovaných přírodních objektech.

Zjednodušený postup, jak rozpoznat rovnovážnou minerální asociace invariantního bodu:

- a) Musíme příslušnou asociaci (horninu) zařadit do vybraného chemického systému, např. ASH, KFMASH, CMASH-CO<sub>2</sub>. To je často zásadní problém, protože musíme zjednodušovat, horninové systémy jsou zpravidla mnohem komplikovanější.
- b) Na PT popř. TX<sub>CO2</sub> diagramech příslušných danému chemickému systému vyhledat možné minerální asociace odpovídající divariantnímu poli, univariantní křivce a invariantnímu bodu.
- c) Vyhledávat tyto minerální asociace (např. ve výbruse pomocí polarizačního mikroskopu nebo BSE).
- d) Minerální asociace invariantního bodu by měly mít obecně velký počet minerálů, jejich textury by ale měly ukazovat na rovnovážný vztah mezi minerály. To je často problém, protože rozpoznání rovnovážného stavu není jednoduché.
- e) Lze očekávat, že invariantní asociace jsou vzácné a mohou v rámci výbrusu zaujímat jen určité partie. Proto je velmi detailní studium výbrusů a vztahů mezi jednotlivými minerály rozhodující.

### 3. Příklad Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> modifikací pro poměrně přesný odhad PT(X) podmíněk.

Na příkladu minerálních asociací zahrnujících modifikace Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> v metamorfovaných a magmatických horninách se pokusím odhadnout PT podmínky.

Obr. 3. PT diagram pro metapelity

Obr. 4. PT diagram pro granity

### 4. Příklad metamorfovaných karbonátových hornin

Na příkladu minerálních asociací v systému CSMH-CO<sub>2</sub> z metamorfovaných karbonátových hornin můžeme:

a) odhadnout PX podmínky vzniku.

Obr. 5.  $TX_{CO_2}$  diagramy pro systém CMSH- $CO_2$ .

b) Směr pohybu fluid a jejich chování v horninových systémech.

Obr. 6.  $TX_{CO_2}$  diagramy pro systém CMSH- $CO_2$ .

- Přítomnost invariantních asociací naznačuje pohyb fluid ve směru vzrůstající teploty v kontaktech granitoidních plutonů
- Přítomnost divariantních asociací (mnohem častějších) naznačuje pohyb fluid ve směru klesající teploty v kontaktech granitoidních plutonů

Rovnovážné minerální asociace těchto hornin, převážně divariantní, ukazují, že systém byl většinou otevřený, umožňoval odnos  $CO_2$  a pravděpodobně docházelo k přínosu  $H_2O$  a F.

5. Příklad z metamorfovaných dolomitických mramorů oblasti třebíčského plutonu

Obr. 7. Mapa metamorfních zón.

Obr. 8. Diagnostické minerály v jednotlivých zónách.

Obr. 9.  $TX_{CO_2}$  diagramy pro systém CMASH- $CO_2$ -F.