

Mineralogie I

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

Ústav geologických věd, PŘF MU v Brně

MINERALOGICKÝ SYSTÉM

ÚVOD

Definice minerálu

Anorganická stejnorodá přírodnina, jejíž složení lze vyjádřit chemickým vzorcem, většinou pevného skupenství, vzniklá především přírodními pochody, ale i za působení člověka.

Základem definice každého minerálu jsou tedy specifická krystalová struktura a specifické chemické složení. Atomy jednotlivých prvků nejsou uspořádány ve krystalové struktuře minerálů náhodně a pro jejich vstup do krystalové struktury platí řada pravidel.

Prvky v minerálech

Do minerálů vstupují všechny prvky známé v přírodě. Tyto prvky si můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin:

kationy

relativně malý iontový poloměr, elektro pozitivní

např. Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+}

aniony

relativně velký iontový poloměr,

elektronegativní,

např. O^{2-} , F^- , Cl^- , S^{2-} , OH^- Složení minerálů vyjadřujeme tzv. krystalochemickými vzorci.

Vzorci minerálů musí být tzv. elektroneutrální

Příklad:

forsterit



olivín $(\text{Mg,Fe})_2 [\text{SiO}_4]$ minerál složený ze 2 složek

forsterit Mg_2SiO_4

fayalit Fe_2SiO_4

(Fe, Mg) – jeden prvek v různém množství je zastupován dalšími prvky – pořadí určuje klesající množství kationtu

$[\text{SiO}_4]$ - aniontová skupina

SILIKÁTY

Největší a nejdůležitější skupina minerálů v mineralogickém systému. Zahrnuje většinu horninotvorných minerálů. Podle uspořádání SiO_4 tetraedrů, které jsou hlavním stavebním prvkem těchto minerálů, je dělíme do několika skupin.

Silikáty se skládají z:

- tetraedrů SiO_4^{4-}

Si^{4+} je v tetraedru často nahrazen Al^{3+}

- kationtů kovů (např. Ca, Fe, Mg, Na, Al), které jsou ve středech různých polyedrů např. BO_3 , AlO_6 , MgO_6 , NaO_8

tetraedry a jiné polyedry se spojují (mají společný kyslík) – tak se zmenšuje počet volných vazeb

vedle kyslíku se objevují i jiné anionty – např. OH^- , F^-

Členění silikátů:

Nesosilikáty - tetraedry izolované

– olivín, granáty

Sorosilikáty – 2 spojené tetraedry

Skupina epidotu

Cyklosilikáty – tetraedry spojené do cyklů

Skupina turmalínu, beryl

Inosilikáty - tetraedry spojené do řetězců

- jednoduché - pyroxeny

- dvojité - amfiboly

Fylosilikáty - tetraedry propojené v ploše

– slídy, jílové minerály

Tektosilikáty - tetraedry tvořící prostorovou kostru

– živce, foidy, zeolity, také křemen

NESOSILIKÁTY

Tetraedry SiO_4 jsou izolované od ostatních tetraedrů, ale sdílejí apikální kyslíky se dalšími typy polyedrů (oktaedry, hexaedry, dodekaedry) ve struktuře

Skupina olivínu

Obecný vzorec M_2SiO_4

$\text{M} = \text{Mg}, \text{Fe}^{2+} (\text{Mn})$

$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$

Forsterit $\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$

Fayalit $\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$

(Tefroit) Mn_2SiO_4

Olivín – termín užívaný v petrologii pro složení $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$

Ideálně mísitelné, hlavní substituce Mg-Fe

Vedlejší až stopové prvky: Ca, Zn, Ni

Rombický

Izolované tetraedry SiO_4 , sdílející apikální kyslíky s oktaedry, obsazenými dvojjvalentními kationty (Mg, Fe^{2+} , Mn)

Vlastnosti:

Barva: světle žlutozelená, nažloutlý (forsterit), černý (fayalit), lesk skelný, neštěpný, $T = 6-7$, $h = 3,2-4,3$.

Výskyty:

Forsterit (olivín)- ultrabazické magmatické (Smrčí, Kozákov) a metamorfované horniny např. dolomitické mramory (Studnice), hojný ve svrchním plášti

Fayalit- pegmatity (Strzegom) a alkalické granity Fe-bohaté metamorfované hornin

Olivín lehce podléhá hydrotermálním alteracím a vzniká serpentín.

Využití:

jako drahý kámen, důležitý v řešení problémů zemského pláště, PT podmínky.

Skupina granátu

Obecný vzorec $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$

A = Fe^{2+} , Mn, Ca, Mg

B = Al, Fe^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+}

Vedlejší prvky: Y, Zr, Ti, Na, P

Struktura

Izolované tetraedry SiO_4 sdílejí apikální kyslíky s deformovanými oktaedry (Al a Fe^{3+}) a s deformovanými dodekaedry (Mg, Fe^{2+} , Mn, Ca).

Granáty jsou kubické.

Minerály:

Pyrop $\text{Mg}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$

Almandin $\text{Fe}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$

Spessartin $\text{Mn}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$

Grosulár $\text{Ca}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$

Andradit $\text{Ca}_3 \text{Fe}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$

Uvarovit $\text{Ca}_3 \text{Cr}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$

Mísitelnost mezi jednotlivými členy granátu je různá, neomezená v případě, že je velikost zastupovaných kationtů blízká, menší, je-li rozdíl větší. Závisí i na PT podmínkách.

Typické substituce: Mn-Fe²⁺-Ca-Mg, Al-Fe³⁺-Cr

Vlastnosti:

Barva: červená a její odstíny, méně často zelená, žlutá, bezbarvý (grossular), granát není nikdy modrý, neštěpný, T = 7-7,5, h = 3,6-4,2.

Ve výbruse je izotropní.

Výskyty:

Almandin – metamorfované pelity (svor, rula – Petrov nad Desnou), pegmatity (Dolní Bory), granity (Přibyslavice)

Pyrop (český granát)– ultrabazické horniny (dunity, serpentinity - Drahonín, eklogity - Biskupice)

Spessartin – pegmatity (Bližná), Mn-bohaté metamorfované horniny (Chvaletice)

Grossular (varieta hessonit) – skarny (Žulová)

Andradit – skarny (Vlastějovice)

Granáty jsou většinou velmi odolné vůči hydrotermálním alteracím a zvětrávání, proto jsou běžné jako těžký podíl v sedimentárních horninách

Využití:

drahý kámen, abrazivo, v metamorfní petrologii pro odhad PT podmínek, pro odvození proveniencí sedimentů.

Skupina Al₂SiO₅

Sillimanit Al⁶ Al⁴ O SiO₄ rombický

Andalusit Al⁶ Al⁵ O SiO₄ rombický

Kyanit Al⁶ Al⁶ O SiO₄ triklinický

Vzhled, barva a optické vlastnosti:

Sillimanit – jehlicovité až vláknité, méně často i drobně až hrubě zrnité agregáty nebo sloupcovité krystaly, velikost až do několik dm

šedá, bílá, žlutá, hnědá, bezbarvý

Andalusit - sloupcovité krystaly, jehlicovité, drobně až hrubě zrnité agregáty, velikost až do velikosti 1 m

růžová, červenohnědá, bílá šedá, zelená, modrá, někdy je pleochroický

Kyanit - sloupcovité až tabulkovité krystaly, drobně až hrubě zrnité agregáty, velikost až několik dm

modrá, šedá, bezbarvý, vysoký index lomu

Tvrдость 6-7, u kyanitu 7-5,

$h = 3,2-3,6$ (kyanit).

Variety:

viridin – zelený Mn-andalusit,

chiastolit – andalusit se sektoriální zonálností z kontaktních rohovců,

fibrolit – jehlicovitý sillimanit

Chemické složení je většinou blízké ideálnímu složení.

		minoritní a stopové prvky
Sillimanit	$Al^6 Al^4 O SiO_4$	B^{3+} , Mg, Fe^{3+} , Al, H
Andalusit	$Al^6 Al^5 O SiO_4$	Mn^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , H
Kyanit	$Al^6 Al^6 O SiO_4$	Cr^{3+} , V^{3+} , Fe^{3+} , H

Většinou jsou blízké koncovému členu, některé stopové až minoritní prvky jsou uvedeny výše. Pouze Mn^{3+} a v menší míře také Fe^{3+} v andalusitu dosahují významných koncentrací a existuje Mn^{3+} analog andalusitu - kanonait.

Výskyty:

Sillimanit – regionálně metamorfované horniny středního až vyššího stupně, migmatity

Andalusit – kontaktně metamorfované horniny, granity, pegmatity

Kyanit – regionálně metamorfované horniny středního až vyššího stupně, granulity

Odolnost Al_2SiO_5 je proti alteracím je střední až vysoká, proti zvětrávání je vysoká, proto jsou běžné v sedimentech.

Využití:

Velmi důležité minerály pro odhad podmínek vzniku hornin.

Staurolit



Vedlejší prvky: Zn, Li, Mn, Co

Monoklinický (pseudorombický)

Vlastnosti:

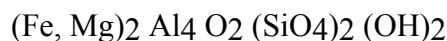
hnědý v různých odstínech, nedokonale štěpný, $t = 7-7,5$, $h = 3,6-3,8$

Výskyty:

Typický horninotvorný minerál svorů a rul (Keprník), typický těžký minerál vzhledem ke svojí mechanické a chemické odolnosti a hustotě.

Důležitý pro odhad PT podmínek v metamorfovaných horninách.

Chloritoid



Vedlejší prvky: Mn

Monoklinický a triklinický strukturně a geneticky příbuzný staurolitu

Vlastnosti: tmavozelený až černý, výborně štěpný, $t = 5-6$, $h = 3,4-3,6$

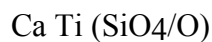
Výskyty:

v metamorfovaných horninách (při nižší metamorfóze, než aby vznikl staurolit) – chloritoidových břidlicích

Využití:

Důležitý pro odhad PT podmínek v metamorfovaných horninách.

Titanit



Vedlejší prvky: Sn, Al, Nb, Ta, F, Y, REE

Monoklinický

Vlastnosti:

hnědý, žlutý, zelený, nedokonale štěpný, $t = 5-5,5$, $h = 3,4-3,6$

Výskyty:

Hojný akcesorický minerál v různých typech metamorfovaných a magmatických hornin, vyžaduje zvýšenou aktivitu Ca.

Středně odolný vůči alteracím.

Zirkon

Zr SiO₄

Vedlejší prvky: Hf, U, Th, Y, Sc, P

Tetragonální

Vlastnosti: hnědý, žlutý, nedokonale štěpný, $t = 7-7,5$ h = 4,6-4,7

Výskyty:

Akcesorický minerál v různých typech hornin, jediný relativně hojný minerál Zr. Velmi odolný proti alteracím, používá se k radiometrickému datování. Často je ale metamiktní (rozpad struktury působením radioaktivního záření)

Závěr

1. Tato přednáška zahrnuje jen základní přehled hlavních minerálů ze skupiny nesilikátů, ve skutečnosti je v této skupině několik set minerálů.
2. Většina minerálů má poměrně vysokou tvrdost 6-7, hustotu větší než 3, a většina má nedokonale vyvinutou štěpnost.
3. Barva kolísá podle obsahu Fe (Mn), minerály s výraznou převahou Mg nad Fe (Mn) jsou bezbarvé, světle žluté nebo světle zelené, minerály bez Mg a Fe mají různé ale většinou světlé barvy. Minerály s vysokým obsahem Fe jsou tmavé – černé, červenofialové nebo hnědé.
4. Většina minerálů ze skupiny nesilikátů má nízký nebo nulový obsah H₂O.
5. Většina minerálů vzniká za relativně vyšších teplot a tlaků v magmatických a metamorfovaných horninách.
6. U většiny z nich je nutné znát chemické vzorce (olivíny, granáty. Al₂SiO₅, zirkon, titanit).