

Mineralogie I

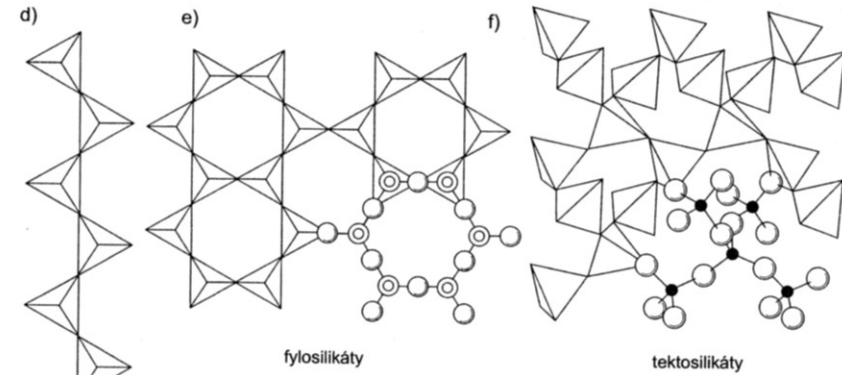
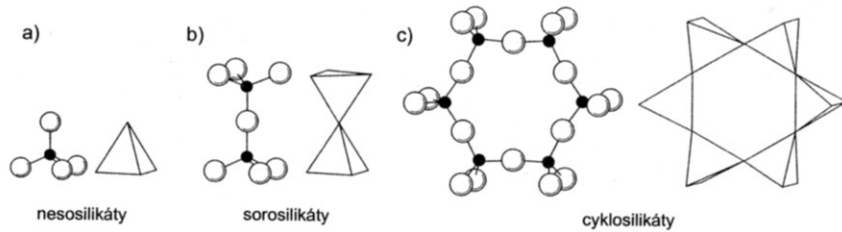
Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

Mineralogický systém - silikáty

Osnova přednášky:

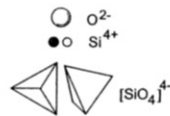
- 1. Inosilikáty - amfiboly**
- 2. Fylosilikáty**
- 3. Shrnutí**

Úvod - silikáty

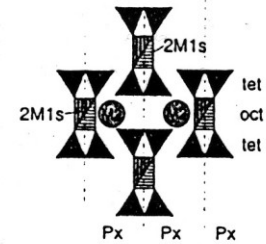


Obr. 9.2: Způsob vazby tetraedrů ve strukturách:

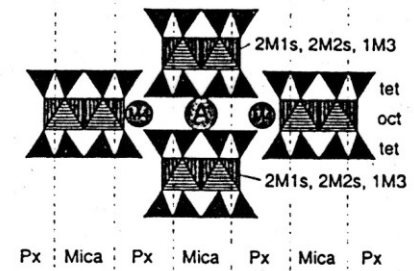
- a) nesosilikátů (tetraedry jsou uloženy samostatně),
- b) sorosilikátů (tetraedry se vážou po dvojicích),
- c) cyklosilikátů (tetraedry se vážou do kruhů),
- d) inosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" řetězců),
- e) fylosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" rovinných sítí),
- f) tektosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečné" prostorové sítě).



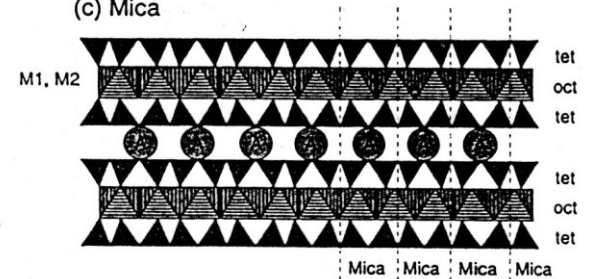
(a) Pyroxene



(b) Amphibole



(c) Mica



1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- obecný vzorec: $AB_2C_5T_8O_{22}(OH,F)_2$

A = Na, Ca, vakance

B = Ca, Mg

C = Mg, Fe^{2+} , Al, Fe^{3+}

T = Si, Al

rombické

antofylit

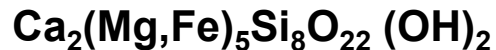


monoklinické

tremolit



aktinolit



obecný amfibol

pargasit

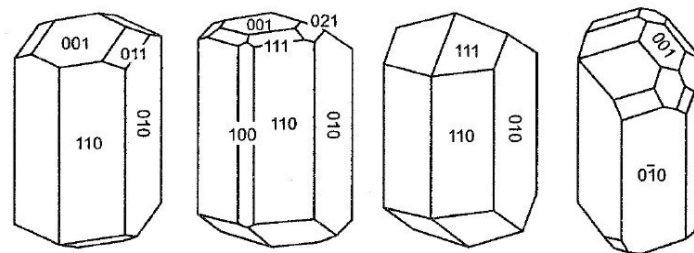


glaukofan



Mg je často nahrazeno Fe^{2+} . Jako vedlejší prvky jsou přítomny Mn, Li, Ti, Cl.

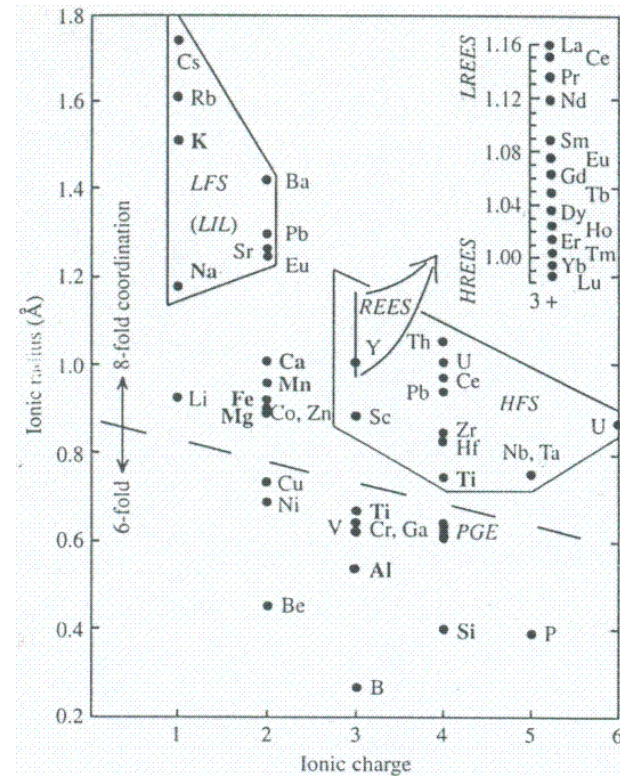
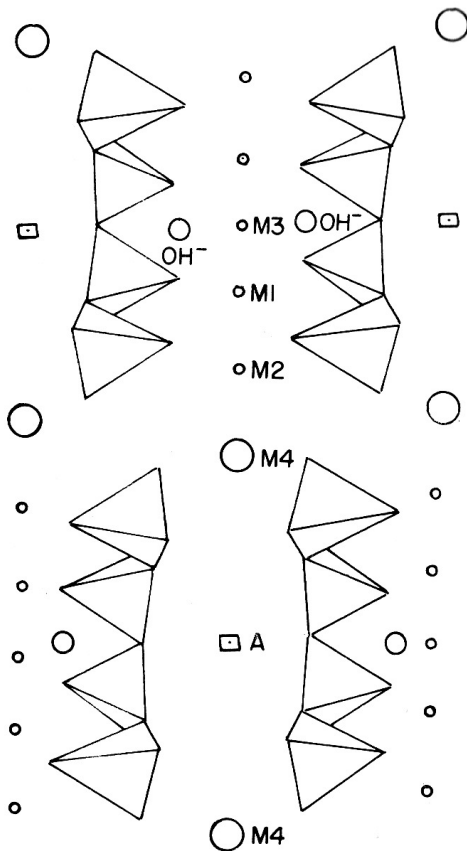
Dnes je známo asi 60 amfibolů.



- Mísitelnost mezi jednotlivými amfiboly je velká. Závisí i na PT podmínkách.

1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

obecný vzorec: $AB_2C_5T_8O_{22} (OH,F)_2$

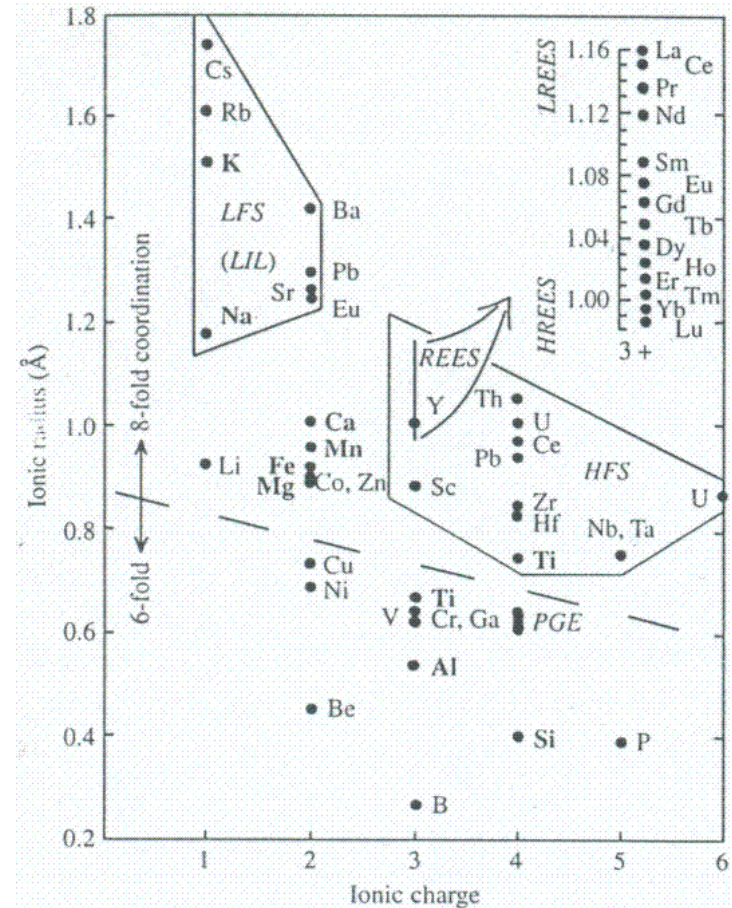


1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

Summary of site assignments and stoichiometric constraints				
Site and Occupancy	Cation*	Stoichiometric Limit	Correction	
			Minimum	Maximum
T-site	Si	Si ≤ 8	8Si	
	Al	ΣAl ≥ 8		8SiAl
	Ti			
C-site	Cr			
	Fe ³⁺			
	Mg			
	Ni			
	Zn			
B-site	Fe ²⁺			
	Mn	ΣMn ≥ 13		13eCNK
	Ca	ΣCa ≤ 15	15eNK	
	Na	ΣNa ≥ 15		15eK
A-site	K	ΣK ≤ 16		16CAT
	□			

* cations arranged according to increasing ionic radius (smallest, Si to largest, K)
 Σ = cation subtotal (e.g. ΣMn = sum of all cations from Si through Mn in the list)
 □ = vacancy at the A-site

FIG. A-1. Summary of ideal site-assignments, limits of various cation subtotals, and the type of correction (minimum or maximum) that can be obtained by calculating the formulae to these stoichiometric limits (after J.C. Schumacher 1991). Abbreviations of normalizations: 8Si: normalized such that total Si = 8; 8SiAl: normalized such that total Si + Al = 8; 13eCNK: normalized such that the sum of the cations Si through Mn (*i.e.*, all cations exclusive of Ca, Na, K) = 13; 15eNK: normalized such that the sum of the cations Si through Ca (*i.e.*, all cations exclusive of Na, K) = 15; 16CAT: normalized such that the sum of all cations = 16 (see also Robinson *et al.* 1982, p. 6-12).



1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- **Vlastnosti:**
barva kolísá podle chemického složení
Amfiboly chudé Fe (tremolit)
bezbarvý, bílý, šedý, žlutý, hnědý
Amfiboly bohaté Fe (aktinolit, amfibol)
tmavě zelený až černý
 $t = 5-6$, $h = 3-3,5$, štěpnost výborná, 120°
Amfiboly jsou velmi často pleochroické a mnohem výrazněji než pyroxeny.
- Často tvoří stébelnaté, jehlicovité až vláknité agregáty, štěpnost amfibolů je viditelně dokonalejší než u pyroxenů.
- Amfiboly jsou středně odolné alteracím a zvětrávání, často jsou zatlačovány slídami, chlority.
- Výskyty magmatické a metamorfované horniny kůry, většinou chudé SiO_2 .
V plášti se vyskytuje jen zcela výjimečně.
- Využití: chemické složení amfibolů je indikátorem PT podmínek vzniku a složení mateřských hornin.



Amfibol čedičový



Amfibol, Vlastějovice

1. Inosilikáty - Skupina amfibolů



Tremolit



Antofylit, Heřmanov



Amfibol

1. Inosilikáty - Skupina amfibolů



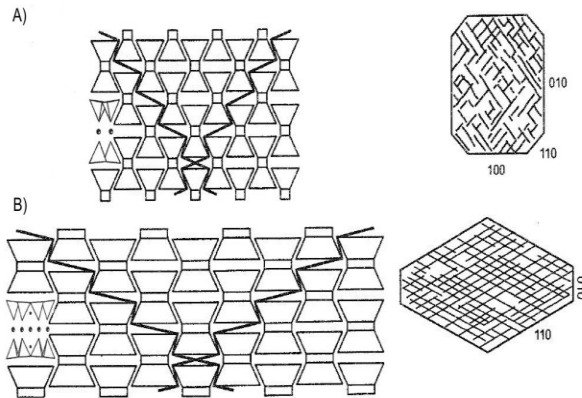
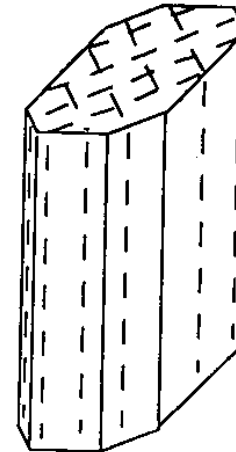
Tremolit, Olešnice



Aktinolit, Sobotín

1. Inosilikáty - Skupina amfibolu

Vztah štěpnosti a krystalové struktury u pyroxenů a amfibolů.



Obr. 9.4.2: Štěpnost pyroxenů (A) a amfibolů (B). Na obr. a) je schematické znázornění struktur s vyznačeným průběhem štěpnosti mezi řetězci, na obr. b) jsou průřezy krystalů s naznačenými štěpnými plochami a úhly mezi nimi. Projekce ve všech případech na (001) (řetězce probíhají kolmo k nákresně)

Amfibol ve výbruse

2. Fylosilikáty

Velmi významná skupina silikátů, kde jsou tetraedry SiO_4 propojeny třemi vrcholy do nekonečných rovinných sítí s hexagonální nebo pseudo-hexagonální symetrií. Periodicky se opakuje motiv $\text{Si}_4\text{O}_{10}^{4-}$ resp. $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}^{-3}$. Tyto sítě jsou různě kombinovány s vrstvami oktaedrů a vytvářejí velké množství fylosilikátů typicky s výbornou štěpností podle báze 001.

Hlavní skupiny:

- Skupina slíd
- Skupina kaolinitu a serpentinu
- Skupina chloritů
- Skupina smektitů

Tzv. Jílové minerály, často řazené jako samostatná skupina fylosilikátů, zahrnují minerály s velikostí částic pod 0,01 mm a patří k nim zejména fylosilikáty ze všech vyčleněných skupin, ale také jiné minerály (např. hydroxidy, zeolity).

2. Fylosilikáty

- Ve fylosilikátech se vyskytují dva typy střídání vrstev:

dvojvrstevné struktury (vzácnější)

- tetraedrická + oktaedrická vrstva, spojené dohromady společně sdílenými kyslíky

Příklady:

kaolinit a serpentín

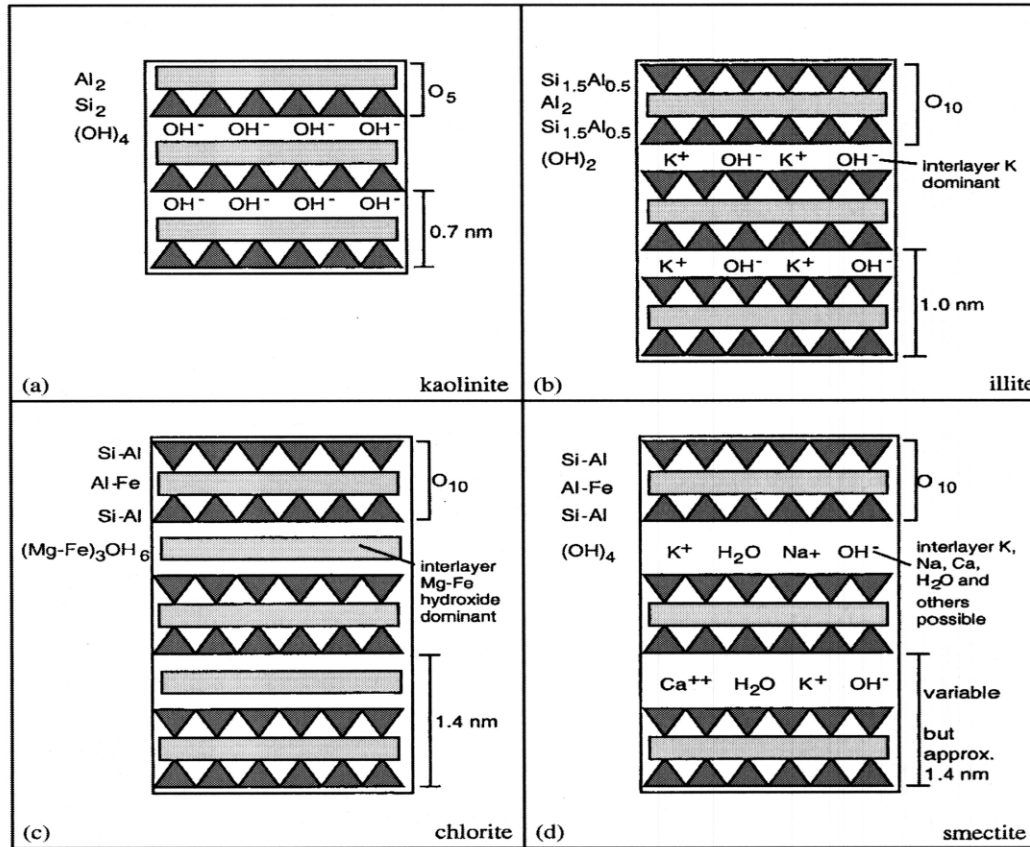
trojvrstevné struktury (častější)

- vrstva oktaedrů, sevřená mezi dvěma vrstvami tetraedrů SiO_4

Příklady:

slídy (muskovit, biotit), chlority, smektity

2. Fylosilikáty



2. Fylosilikáty

- Dvojvrstevné a trojvrstevné struktury jsou na základě valence kationtů uvnitř oktaedrické vrstvy dále děleny :
 - vrstvy s dvojbaznými kationty (Mg, Fe) se označují jako trioktaedrické, kationty v oktaedrické vrstvě obsazují všechny oktaedrické pozice
tzv. brucitová vrstva – $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Příklad biotit (annit) $\text{K Fe}_3 \text{Al Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
 - vrstva s trojbaznými kationty (Al) je označena jako dioktaedrická, jsou obsazeny jen 2 ze 3 oktaedrických pozic (třetí je vakantní)
tzv. gibbsitová vrstva – $\text{Al}(\text{OH})_3$
Příklad muskovit $\text{K Al}_2 \text{Al Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$

2. Fylosilikáty – skupina slíd

•Obecný vzorec $I M_3 T_4 O_{10} (OH,F)_2$

I = K, Na, Ca

M = Li, Fe²⁺, Mg, Al, Fe³⁺

T = Si, Al

Vedlejší prvky: Ba, B, Mn, Zn

Nejdůležitější slídy:

Muskovit $K Al_2 (Si_3Al) O_{10} (OH)_2$

Illit $K_{0,7} Al_2 (Si_3Al) O_{10} (OH)_2$

Annit $K Fe_3 (Si_3Al) O_{10} (OH,F)_2$

Flogopit $K Mg_3 (Si_3Al) O_{10} (OH,F)_2$

Biotit – termín běžně používaný v

petrologii pro tmavé slídy složením mezi annitem a flogopitem

Sericit – jemnozrnná slída blízka muskovitu vznikající alterací

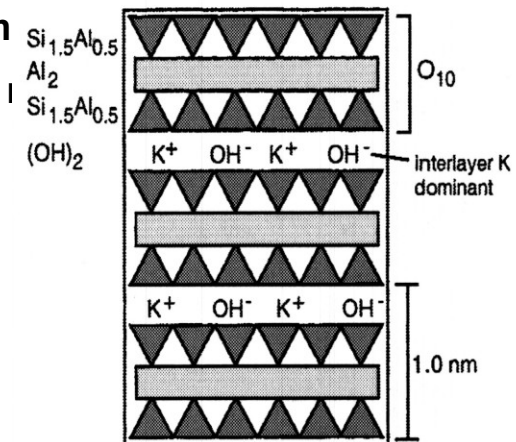
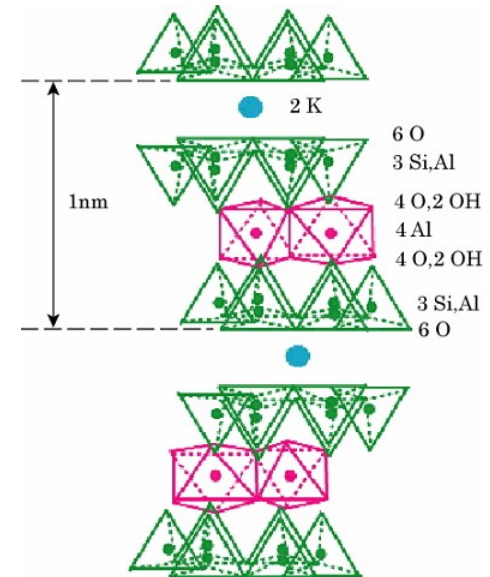
Lepidolit - Li-slídy (trilithionit, polyolithionit, cinvaldit)

Margarit $CaAl_2 Al_2Si_2O_{10} (OH)_2$ – křehká slída

Slídy jsou většinou monoklinické

•Typické substituce: Mn-Fe²⁺-Mg, Al-Fe³⁺, Si-Al, K-Na

•Mísitelnost mezi jednotlivými členy skupiny slíd je různá, závi (b)
podmínkách.



illite

2. Fylosilikáty – skupina slíd

Vlastnosti:

Barva: kolísá u jednotlivých slíd.

Muskovit – světlý, bezbarvý, nazelenalý

Annit - černý

Flogopit – světle hnědý

Biotit – černý až hnědý

Lepidolit – světle fialový, bezbarvý

Výtečně štěpné podle 001, lupínky jsou pružné

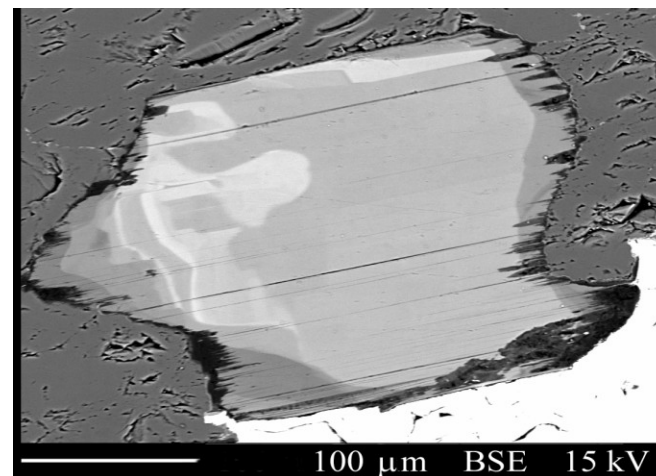
$T = 2,5-4,5$, $h = 2,7-3,3$.

Výskyt:

Typické horninotvorné a velmi rozšířené minerály magmatických a metamorfovaných hornin (muskovit, biotit), ale objevují se běžně také v sedimentárních horninách (illit). Li-slídy pocházejí z pegmatitů a greisenů. Slídy vznikají ve velmi širokém rozsahu teplot a tlaků, výjimečně od podmínek zemského pláště (flogopit) až po vulkanické horniny (biotit) a diagenezi (illit).



Muskovit, Bobručka



2. Fylosilikáty – skupina slíd



Flogopit

Slídy jsou různě odolné vůči zvětrávání a hydrotermálním alteracím, ale zároveň bývají produktem těchto hydrotermálních alterací, např. muskovit zatlačuje andalusit aj. V sedimentárních horninách jsou stabilní muskovit a hlavně illit, zcela nestabilní je naopak biotit.



Lepidolit

Využití: chemické složení slíd je výborným indikátorem PT podmínek vzniku a také chemického složení mateřské horniny. Slídy mohou být i zdrojem některých vzácných prvků (Li,Cs).

2. Fylosilikáty – skupina slíd



Zinnwaldit, Cínovec



2. Fylosilikáty – skupina chloritů

obecný vzorec: $A_{6-8}Z_4 O_{10} (OH,O)_8$

A = Al, Fe²⁺, Fe³⁺, Li, Mg

Z = Si, Al, B

vedlejší prvky Mn, Ni, Cr

Hlavní minerály

klinochlor (Mg₅ Al) Si₃ Al O₁₀ (OH)₈

chamosit (Fe²⁺₅ Al) Si₃ Al O₁₀ (OH)₈

monoklinické a triklinické

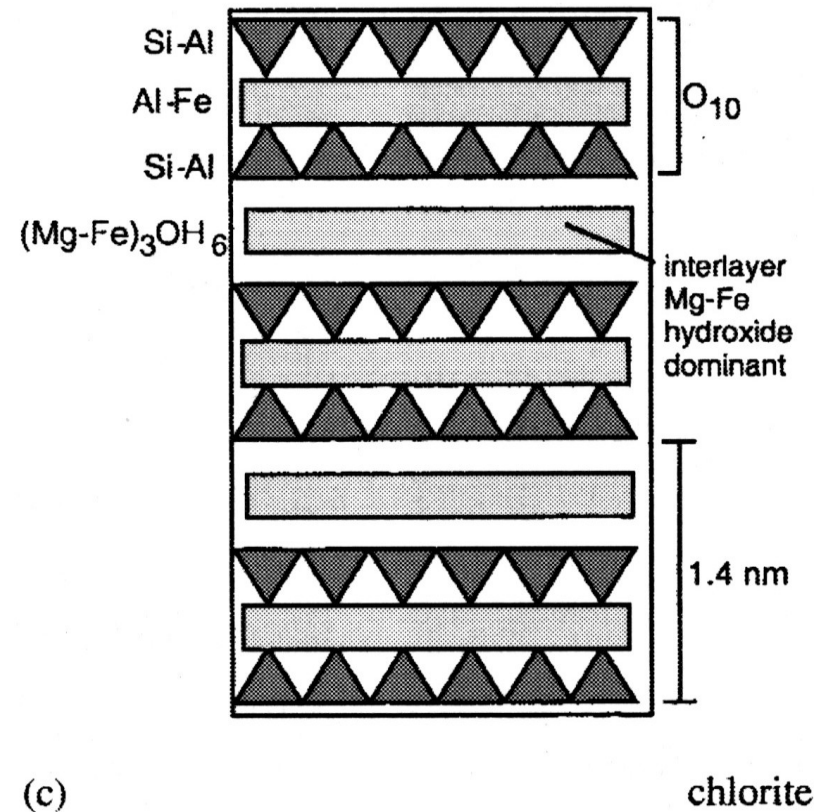
Vlastnosti: Barva kolísá u jednotlivých chloritů, nejčastěji zelená s různými odstíny, výtečně štěpné podle 001, lupínky jsou křehké, T = 2,5-3,5, h = 2,6-3,2.

Výskyt: Chlority se vyskytují v metamorfovaných horninách nízkého stupně až v sedimentárních horninách a na hydrotermálních žilách různého původu. Chlority nejsou odolné vůči zvětrávání a hydrotermálním alteracím a často jsou produktem těchto alterací, např. chloritizace biotitu.

2. Fylosilikáty – skupina chloritů



Chamosit



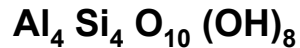
2. Fylosilikáty – skupina kaolinitu a serpentinu

obecný vzorec $M_{6-4} Z_4 O_{10} (OH)_8 \cdot nH_2O$

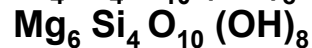
M = Al, Fe²⁺, Fe³⁺, Mg, vakance

Z = Si, Al, Fe³⁺

kaolinit, dickit, nakrit



serpentinu blízke vzorci



antigorit - lupenitý

serpentin

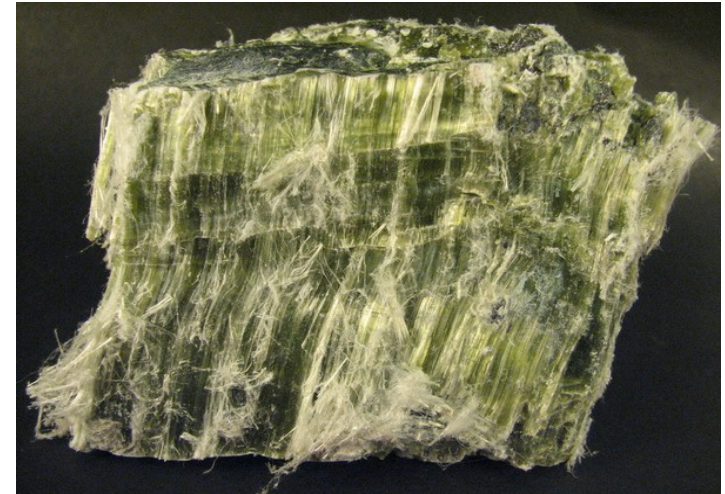
chryzotil - vláknitý

Většinou monoklinické, méně rombické a triklinické.

Vlastnosti: Barva kolísá - kaolinit bílý, serpentin zelený s různými odstíny, T = 1-3,5, h = 2,6-3,2. Výtečně štěpné.

Výskyt: vznikají přeměnou živců (kaolin) nebo olivínu (serpentin) v ultrabazických horninách při hydrotermálních alteracích nebo až v podmínkách zvětrávání (kaolin).

Využití: důležité keramické suroviny, indikátory alterací a zvětrávání.



Serpentin



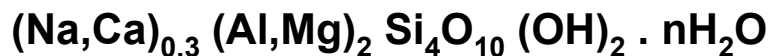
Kaolinit

2. Fylosilikáty – skupina smektitů

Velmi důležitá skupina minerálů, které tvoří podstatnou část tzv. jílových minerálů. Jejich struktura podobná slídám.

Nejdůležitější minerály:

montmorillonit



nontronit

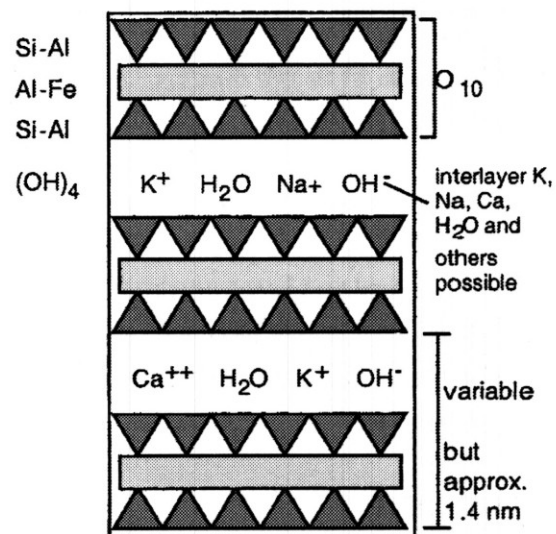


Bentonit – jílovitá hornina s vysokým obsahem smektitů.

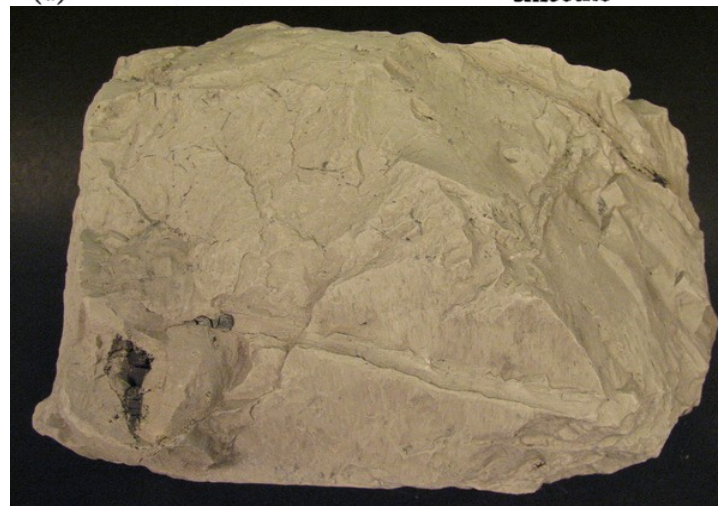
Vlastnosti: barva většinou světlá s různými odstíny, nontronit je zelenožlutý, jemnozrné, T = 1-2, H = 1,7-2,7 podle složení. Typickým znakem je schopnost vázat (absorbovat) do struktury různé látky.

Výskyt. Vznikají větráním nebo nízkoteplotní hydrotermální alterací různých hornin

Využití: velmi důležité keramické suroviny a látky schopné absorbovat.



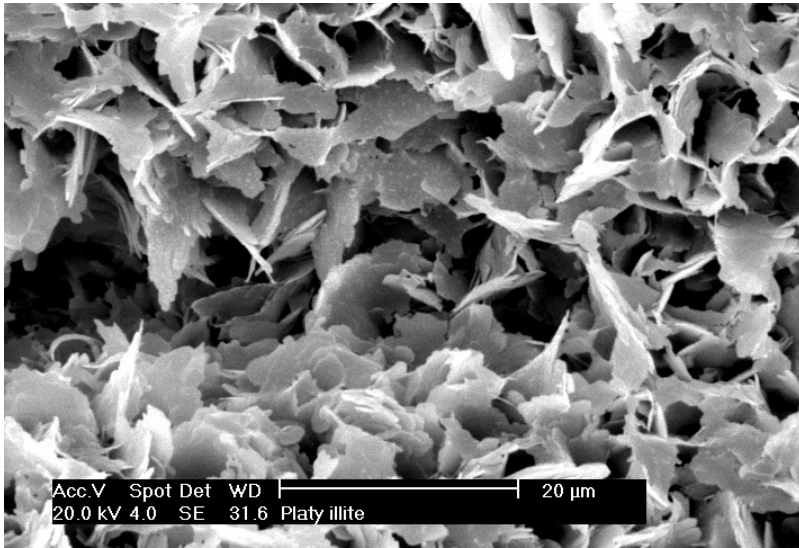
(d) smectite



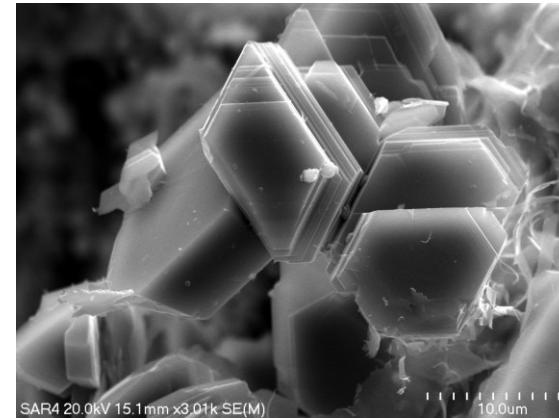
Bentonit

2. Fylosilikáty – skupina smektitů

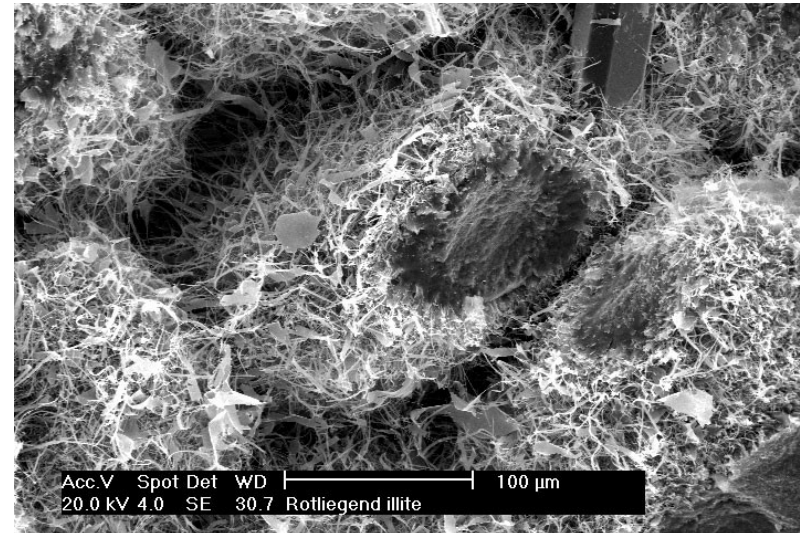
Příklady jílových minerálů



Illit



Kaolinit



2. Fylosilikáty – další minerály

Mastek $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Pyrofylit $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Monoklinické

Strukturně jsou blízké slídám

Vlastnosti:

světlé zbarvení (bílé, nažloutlé,
nazelenalé), výtečně štěpné podle
001, T = 1-2, H = 2,8

Jemnozrnné agregáty, vzácně radiálně
paprsčité (pyrofylit)

Výskyt: Hojné fylosilikáty vznikající
během nízkého stupně metamorfózy,
při nízkoteplotních hydrotermálních
alteracích a také při zvětrávání.
Zvětrávání jsou částečně odolné.

Využití: důležité suroviny.



Mastek



Pyrofylit

3. Shrnutí

1. Tato přednáška zahrnuje jen základní přehled hlavních minerálů ze skupiny inosilikátů (amfiboly) a fylosilikátů, ve skutečnosti je v těchto skupinách několik set minerálů.
2. Minerály skupiny amfinolu mají poměrně vysokou tvrdost 5-6, hustota kolísá, většinou je větší než 3. Většina minerálů ze skupiny fylosilikátů má výtečnou štěpnost, naopak u inosilikátů je štěpnost dobrá až výborná.
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. Minerály s vysokým obsahem Fe mají také výrazný pleochroismus.
5. Všechny minerály skupiny amfibolu obsahují H₂O, ale jen malé množství, fylosilikáty obsahují střední až vysoké množství H₂O.
6. Většina minerálů skupiny amfibolu a také ze skupiny slíd vzniká za relativně vyšších teplot a tlaků v magmatických a metamorfovaných horninách. Část slíd a většina dalších fylosilikátů vzniká za velmi nízkých teplot v povrchových částech zemské kůry nebo dokonce alterací a zvětráváním jiných minerálů.
7. Jen u malé části minerálů je nutné znát chemické vzorce (tremolit, muskovit, biotit). Je ale nutné znát hlavní prvky jednotlivých minerálů).