

Mineralogický systém

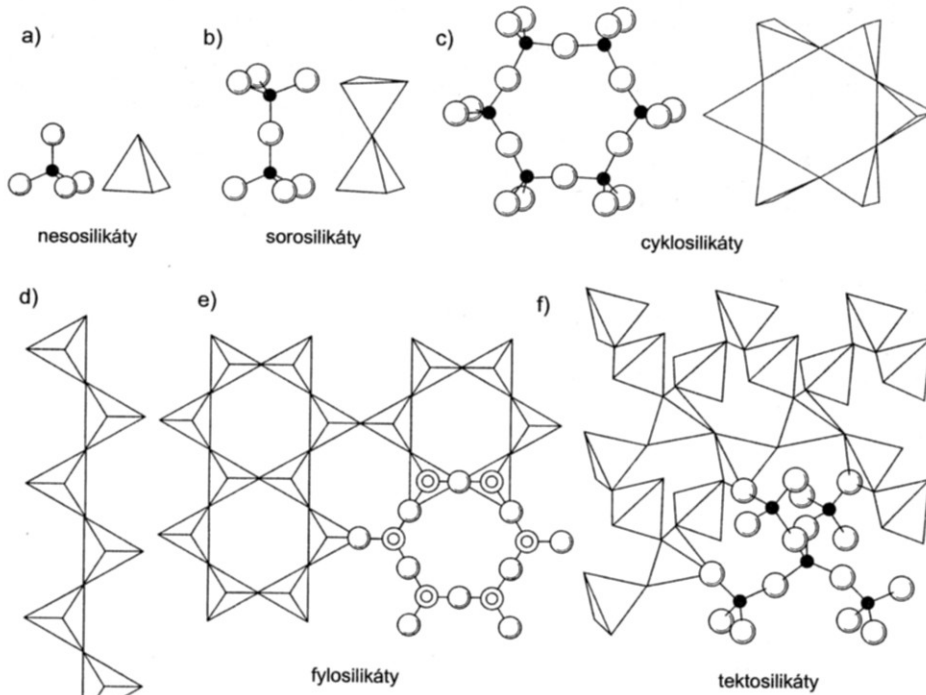
Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

Fylosilikáty

Osnova přednášky:

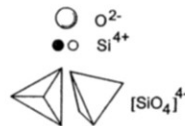
- 1. Fylosilikáty - úvod**
- 2. Slídy**
- 3. Další fylosilikáty**
- 4. Shrnutí**

Úvod - silikáty

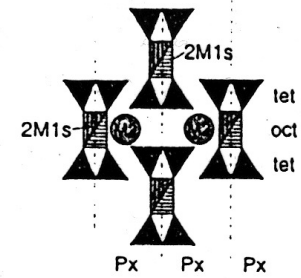


Obr. 9.2: Způsob vazby tetraedrů ve strukturách:

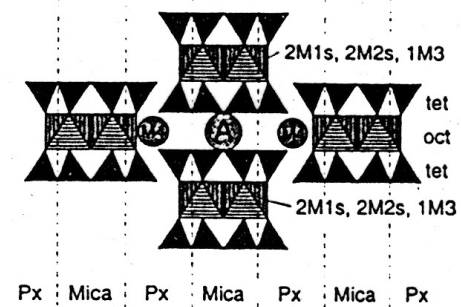
- a) nesosilikátů (tetraedry jsou uloženy samostatně),
- b) sorosilikátů (tetraedry se vážou po dvojicích),
- c) cyklosilikátů (tetraedry se vážou do kruhů),
- d) inosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" řetězců),
- e) fylosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" rovinných sítí),
- f) tektosilikátů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



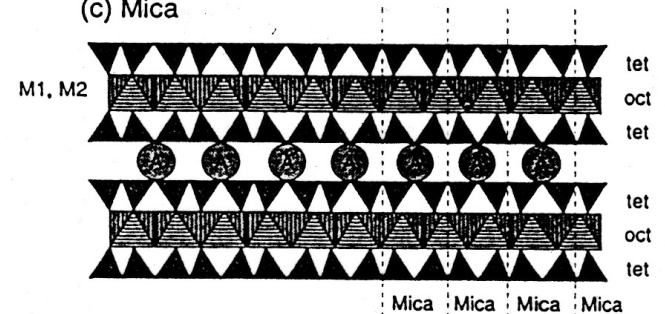
(a) Pyroxene



(b) Amphibole



(c) Mica



1. Fylosilikáty - úvod

Velmi významná skupina silikátů, kde jsou tetraedry SiO_4 propojeny třemi vrcholy do nekonečných rovinných sítí s hexagonální nebo pseudohexagonální 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

1. Fylosilikáty - úvod

- Ve fylosilikátech se vyskytují dva typy střídání vrstev:

dvojvrstevné struktury (vzácnější)

- tetraedrická + oktaedrická vrstva, spojené dohromady společně sdílenými kyslíky

Příklady:

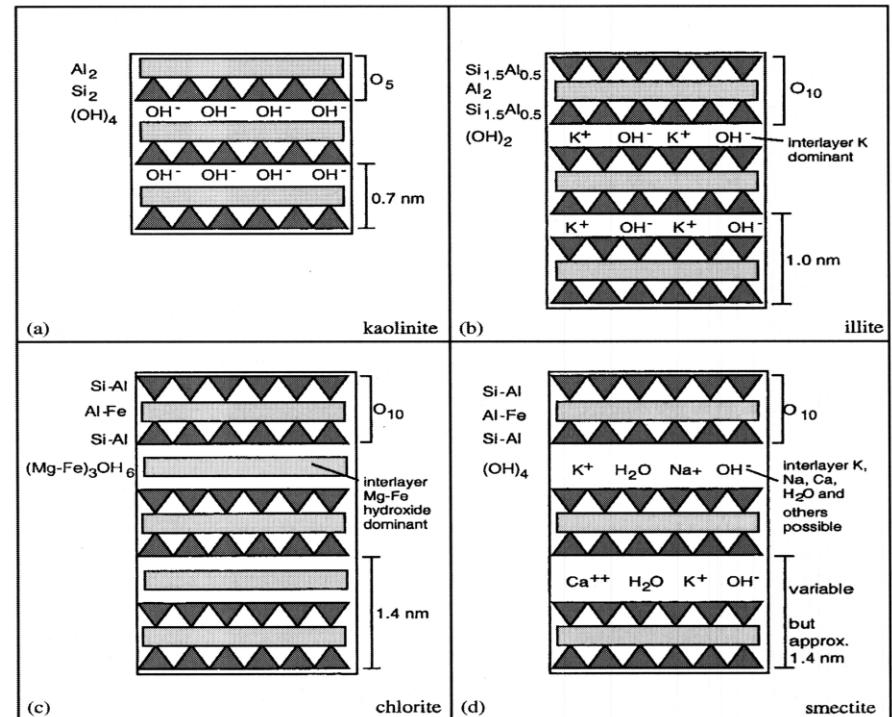
kaolinit a serpentin

trojvrstevné struktury (častější)

- vrstva oktaedrů, sevřená mezi dvěma vrstvami tetraedrů SiO_4

Příklady:

slídy (muskovit, biotit), chlority, smektity



1. Fylosilikáty - úvod

- 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 M₃ T₄ O₁₀ (OH,F)₂

I = K, Na, Ca

M = Li, Fe²⁺, Mg, Al, Fe³⁺

T = Si, Al

Vedlejší prvky: Ba, B, Mn, Zn

Slídy jsou většinou monoklinické

Nejdůležitější slídy:

Muskovit K Al₂ (Si₃Al) O₁₀ (OH)₂

Illit K_{0,7} Al₂ (Si₃Al) O₁₀ (OH)₂

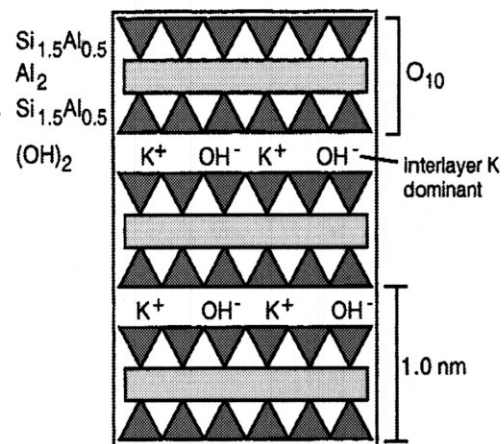
Annit K Fe₃ (Si₃Al) O₁₀ (OH,F)₂

Flogopit K Mg₃ (Si₃Al) O₁₀ (OH,F)₂

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

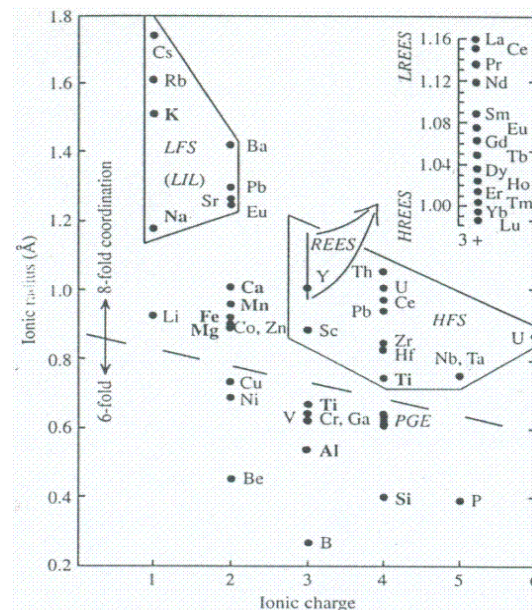
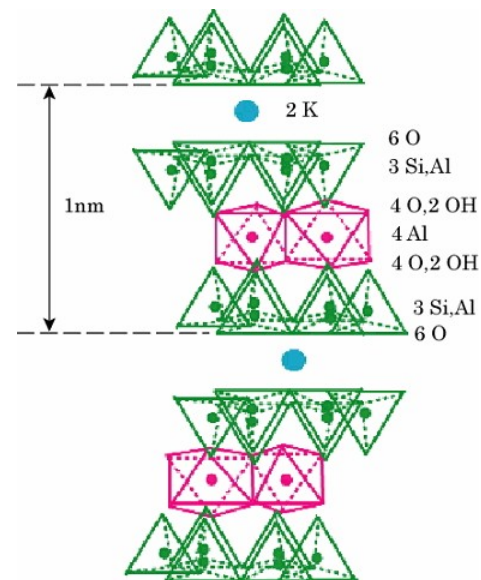
NaSi-CaAl

Mísitelnost mezi jednotlivými členy skupiny slíd je různá, závisí i na PT podmínkách.



(b)

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

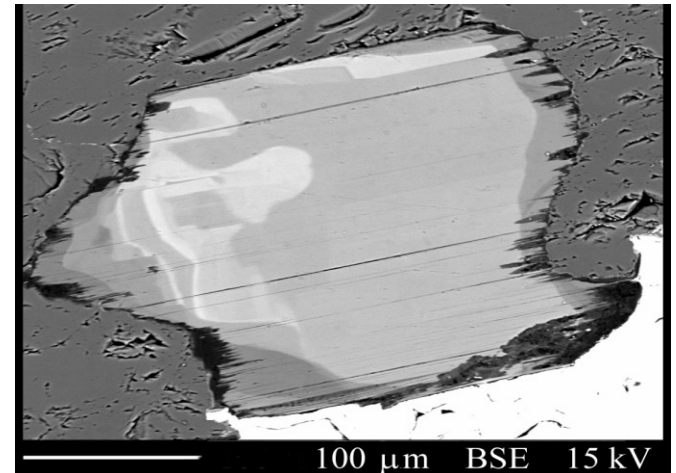
$T = 2,5-4,5$, $h = 2,7-3,3$.

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 diagenезi (illit).



Flogopit



Kinoshitalit, flogopit

2. Fylosilikáty – skupina slíd

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

Klasifikace slíd

TABLE 1. TRUE MICAS END-MEMBER FORMULAS AND TYPICAL RANGES FOR MINERAL SPECIES

DIOCTAHEDRAL	
muscovite	$K \text{ Al}_2 \square \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{35}\text{Si}: 3.0 - 3.1$ ${}^{27}\text{Al}: 19 - 20$ $K: 0.7 - 1.0$ ($I \geq 0.85$) ${}^{55}\text{R}^{2+}/({}^{55}\text{R}^{2+} + {}^{57}\text{R}^{2+}) < 0.25$ ${}^{27}\text{Al}/({}^{27}\text{Al} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) 0.5 - 1.0$
aluminoceladonite	$K \text{ Al}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) \square \text{ Si}_4 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{55}\text{R}^{2+}/({}^{55}\text{R}^{2+} + {}^{57}\text{R}^{2+}) \geq 0.25$ ${}^{27}\text{Al}/({}^{27}\text{Al} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) 0.5 - 1.0$ $\text{Mg}/(\text{Mg} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) > 0.5$
ferro-aluminoceladonite	$K \text{ Al}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) \square \text{ Si}_4 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{27}\text{Al}/({}^{27}\text{Al} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) 0.5 - 1.0$ $\text{Mg}/(\text{Mg} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) \leq 0.5$
celadonite	$K \text{ Fe}^{2+}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) \square \text{ Si}_4 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{55}\text{R}^{2+}/({}^{55}\text{R}^{2+} + {}^{57}\text{R}^{2+}) \geq 0.25$ $\text{Mg}/(\text{Mg} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) > 0.5$
ferroceladonite	$K \text{ Fe}^{2+}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) \square \text{ Si}_4 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{55}\text{R}^{2+}/({}^{55}\text{R}^{2+} + {}^{57}\text{R}^{2+}) < 0.5$ $\text{Mg}/(\text{Mg} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) \leq 0.5$
roscoelite	$K \text{ V}_2 \square \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
chromphyllite	$K \text{ Cr}_2 \square \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
boromuscovite	$K \text{ Al}_2 \square \text{ BSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
paragonite	$\text{Na Al}_2 \square \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ $\text{Ca} < 0.11$
nanpingite	$\text{Cs Al}_2 \square \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
tobelite	$(\text{NH}_4) \text{ Al}_2 \square \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$

TRIOCTAHEDRAL

annite	$K \text{ Fe}^{2+} \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
phlogopite	$K \text{ Mg}_3 \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
siderophyllite	$K \text{ Fe}^{2+}_2 \text{ Al Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
eastonite	$K \text{ Mg}_2 \text{ Al Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
hendricksite	$K \text{ Zn}_3 \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
Zn > 1.5	
montdorite*	$K \text{ Fe}^{2+}_{1-x} \text{ Mn}^{2+}_{x-0.25} \text{ Mg}_{0.75} \square_{0.25} \text{ Si}_4 \text{ O}_{10} \text{ F}_2$
tainiolite	$K \text{ LiMg}_2 \text{ Si}_4 \text{ O}_{10} \text{ F}_2$
polyolithionite	$K \text{ Li}_2 \text{ Al Si}_4 \text{ O}_{10} \text{ F}_2$
trillithionite*	$K \text{ Li}_3 \text{ Al}_2 \text{ Si}_3 \text{ O}_{10} \text{ F}_2$
maxautomillite	$K \text{ LiAlMn}^{2+} \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} \text{ F}_2$
Mn ²⁺ : 1.0 - 0.5	$\text{Li}: 1.0 - 1.5$
Si: 3.0 - 3.5	${}^{27}\text{Al}: 1.0 - 0.5$
norrishite	$K \text{ LiMn}^{2+}_2 \text{ Si}_4 \text{ O}_{10}$
tetra-ferrri-annite	$K \text{ Fe}^{2+}_4 \text{ Fe}^{3+} \text{ Si}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
tetra-ferrri-phlogopite	$K \text{ Mg}_2 \text{ Fe}^{3+} \text{ Si}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
aspidolite	$\text{Na Mg}_3 \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
preiswerkite	$\text{Na Mg}_2 \text{ Al Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
ephesite	$\text{Na LiAl}_2 \text{ Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$

TABLE 2. BRITTLE MICAS END-MEMBER FORMULAS AND TYPICAL RANGES FOR MINERAL SPECIES

DIOCTAHEDRAL	
margarite	$\text{Ca Al}_2 \square \text{ Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ $I: \text{Ca}, \text{Na}$ $M: \text{Al}, \text{Li}, \square > \text{Li}$ $T: \text{Al}, \text{Si}, \text{Be}$
chernykhite	$\text{Ba V}_2 \square \text{ Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ $M: \text{V}, \text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg}$
TRIOCTAHEDRAL	
clintonite	$\text{Ca Mg}_2 \text{ Al Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ $I: \text{Ca}, \text{Na}, \text{K}$ $M: \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}$ $T: \text{Al}, \text{Si}, \text{Fe}^{3+}$
bityite	$\text{Ca LiAl}_2 \text{ BeAlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{6}\text{Li} > {}^{9}\text{Li}$
anandite	$\text{Ba Fe}^{2+}_2 \text{ Fe}^{3+} \text{ Si}_3 \text{ O}_{10} \text{ S}(\text{OH})$ $I: \text{Ba}, \text{K}, \text{Na}$ $M: \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}, \text{Al}$ $A: \text{S} > (\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$
kinoshitalite	$\text{Ba Mg}_3 \text{ Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ $I: \text{Ba} + \text{K} = 1.0$ $M: \text{Mg}, \text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+}, \text{Al}, \text{Fe}, \text{Ti}$ $A: \text{OH}, \text{F}$

Compositional limits are expressed in atoms per formula unit (apfu).

TABLE 3. INTERLAYER-DEFICIENT MICAS: REPRESENTATIVE FORMULAS AND RANGES

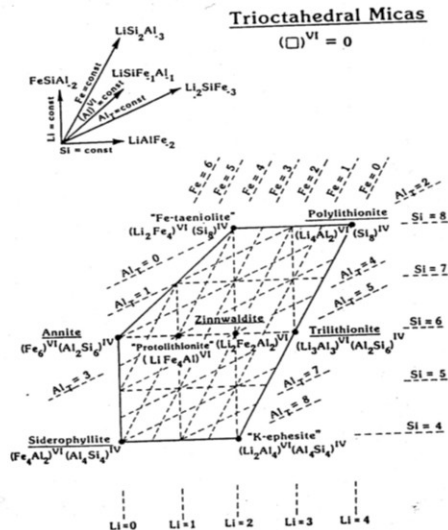
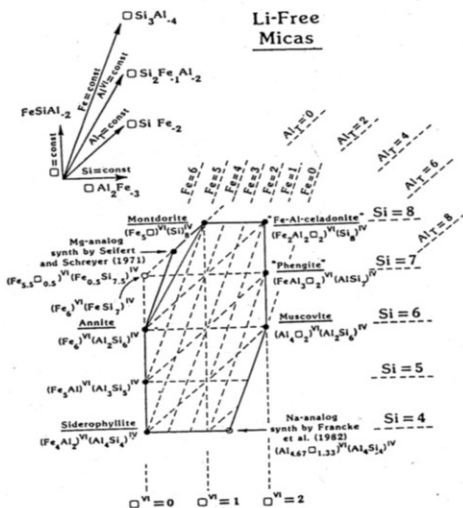
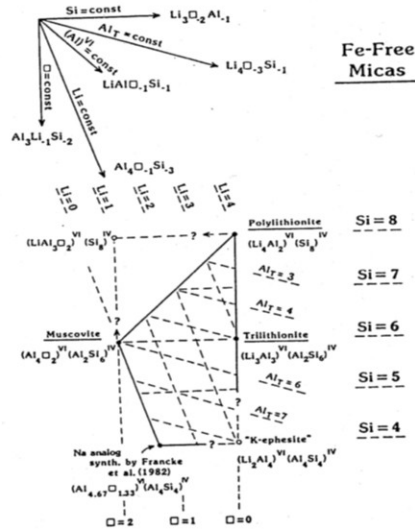
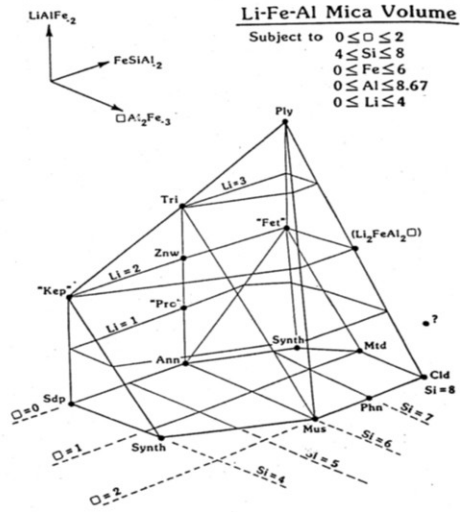
DIOCTAHEDRAL ¹	
idealized general formula	$(\text{K}, \text{Na})_{x-y} (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_y (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_{z-1} \square_{1-z} \text{Si}_4 (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_w \text{O}_{10} (\text{OH})_2$ $0.6 \leq x + y < 0.85$ $\text{Mg} > \text{Fe}^{2+}$ ${}^{27}\text{Al} > {}^{57}\text{Fe}^{2+}$
illite (a series name)	$\text{K}_{0.65} \text{ Al}_{1.35} \square_{0.35} \text{ Al}_{0.65} \text{ Si}_{3.35} \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{55}\text{R}^{2+}/({}^{55}\text{R}^{2+} + {}^{57}\text{R}^{2+}) \leq 0.25$ ${}^{27}\text{Al}/({}^{27}\text{Al} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) \geq 0.6$
glauconite (a series name)	$\text{K}_{0.4} \text{ R}^{2+}_{1.6} \text{ R}^{3+}_{0.6} \square_{0.4} \text{ Al}_{0.4} \text{ Si}_{3.6} \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$ ${}^{55}\text{R}^{2+}/({}^{55}\text{R}^{2+} + {}^{57}\text{R}^{2+}) \geq 0.15$ ${}^{27}\text{Al}/({}^{27}\text{Al} + {}^{57}\text{Fe}^{2+}) \leq 0.5$
brammallite (a series name)	$\text{Na}_{0.65} \text{ Al}_{1.35} \square_{0.35} \text{ Al}_{0.65} \text{ Si}_{3.35} \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$
TRIOCTAHEDRAL	
wonesite*	$\text{Na}_2 \square_{0.5} \text{ Mg}_{1.5} \text{ Al}_3 \text{ AlSi}_3 \text{ O}_{10} (\text{OH})_2$



Muskovit, Bobruvka

2. Fylosilikáty – skupina slíd

Klasifikace slíd - diagram



Zinnwaldit, Cínovec

2. Fylosilikáty – skupina slíd

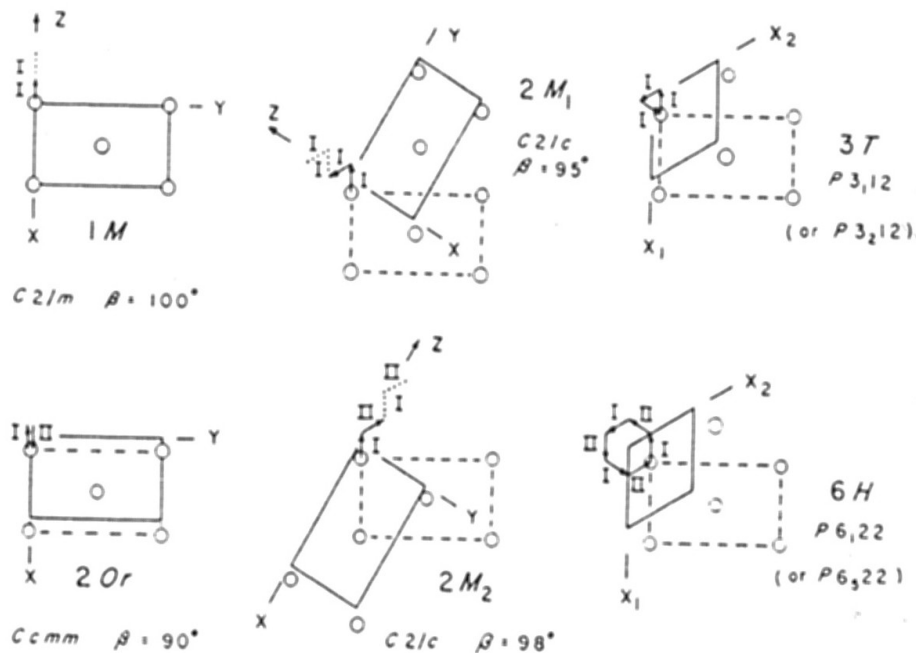


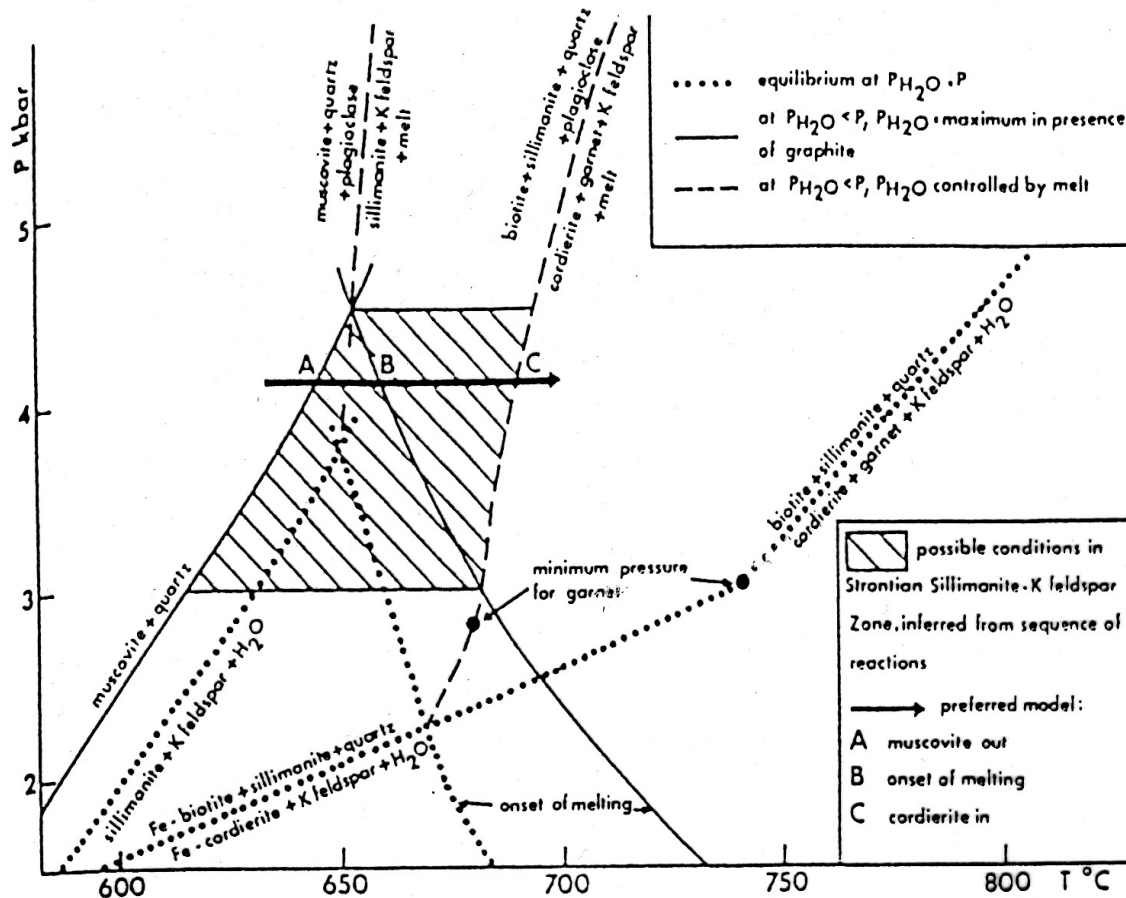
Fig. 2. Derivation of the six ideal mica polytypes. The dashed lines show the unit cell for the first layer, and the full lines show the unit cell of the resultant polytype. Polytype symbol and ideal space group are shown. From Bailey (1980).

Většina slíd je
 monoklinických, i když
 krystaly mají výrazně
 pseudo-hexagonální tvar.
 Typickým znakem slíd je
 polytypie:

Nejčastější u slíd: $1M$, $2M_1$

2. Fylosilikáty – skupina slíd

Idealizované PT diagramy stability muskovitu (+ biotitu) v oblasti natavení a za extrémně vysokého P



2. Fylosilikáty – skupina slíd

Příklady využití slíd

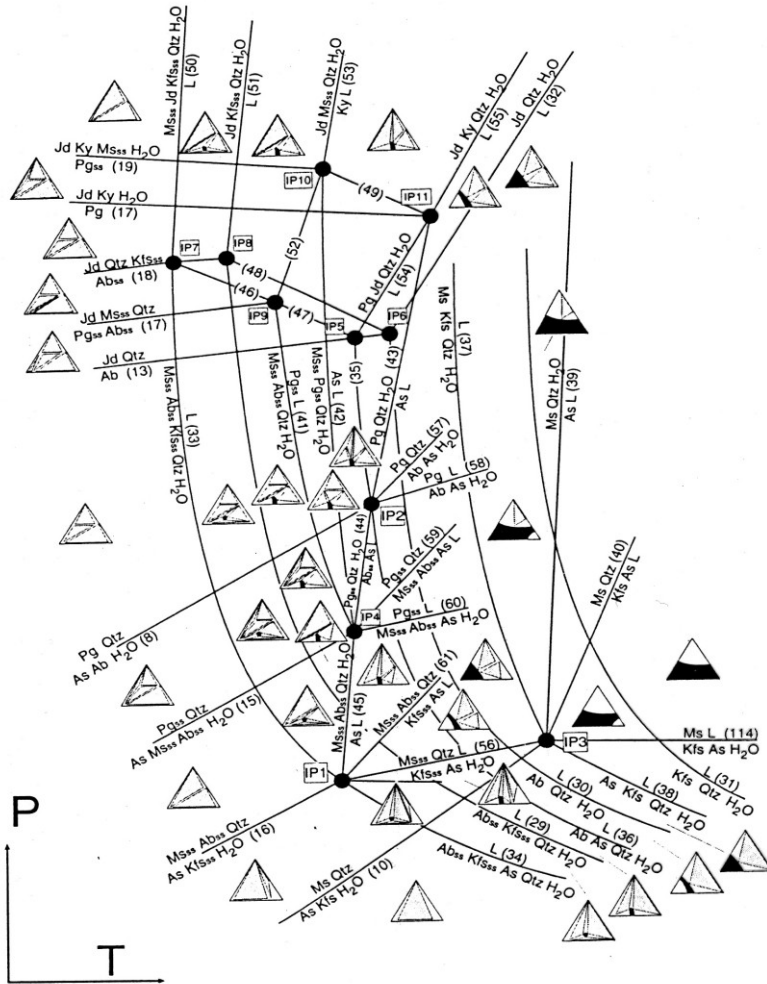


Figure 9-9. Petrogenetic grid for the KNASH system. Low pressure portion after Thompson and Algor (1977). Abbreviations are in Table 9-1 and reaction numbers are listed in Table 9-2.

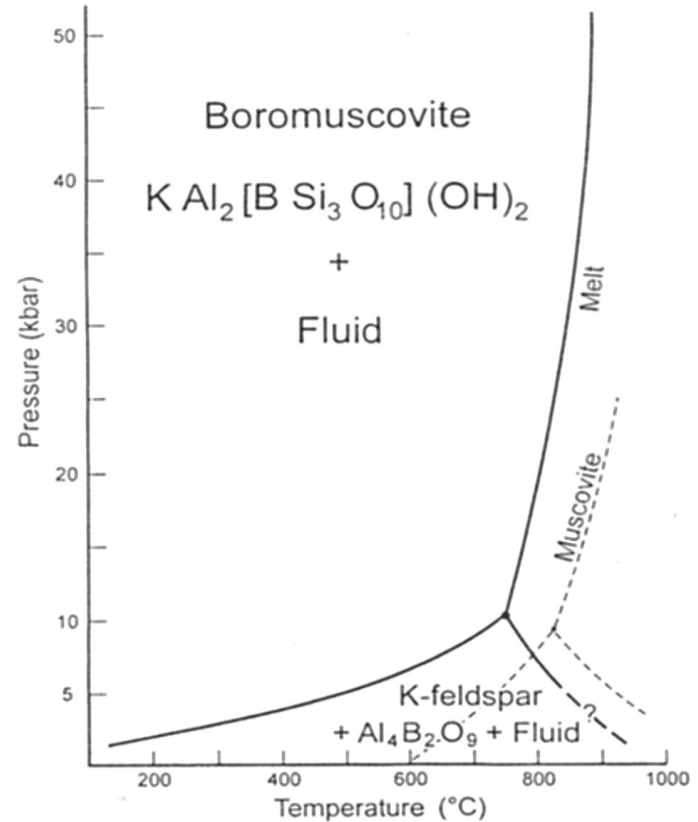


Fig. 3. Pressure-temperature stability field of end-member boromuscovite based on seeded runs by Jung (1996). The upper thermal stability of muscovite (dashed lines) shown for comparison is taken from Chatterjee – Johannes (1974).

2. Fylosilikáty – skupina slíd

Grafy ukazující využití slíd pro odhad geochemického vývoje v granitických pegmatitech

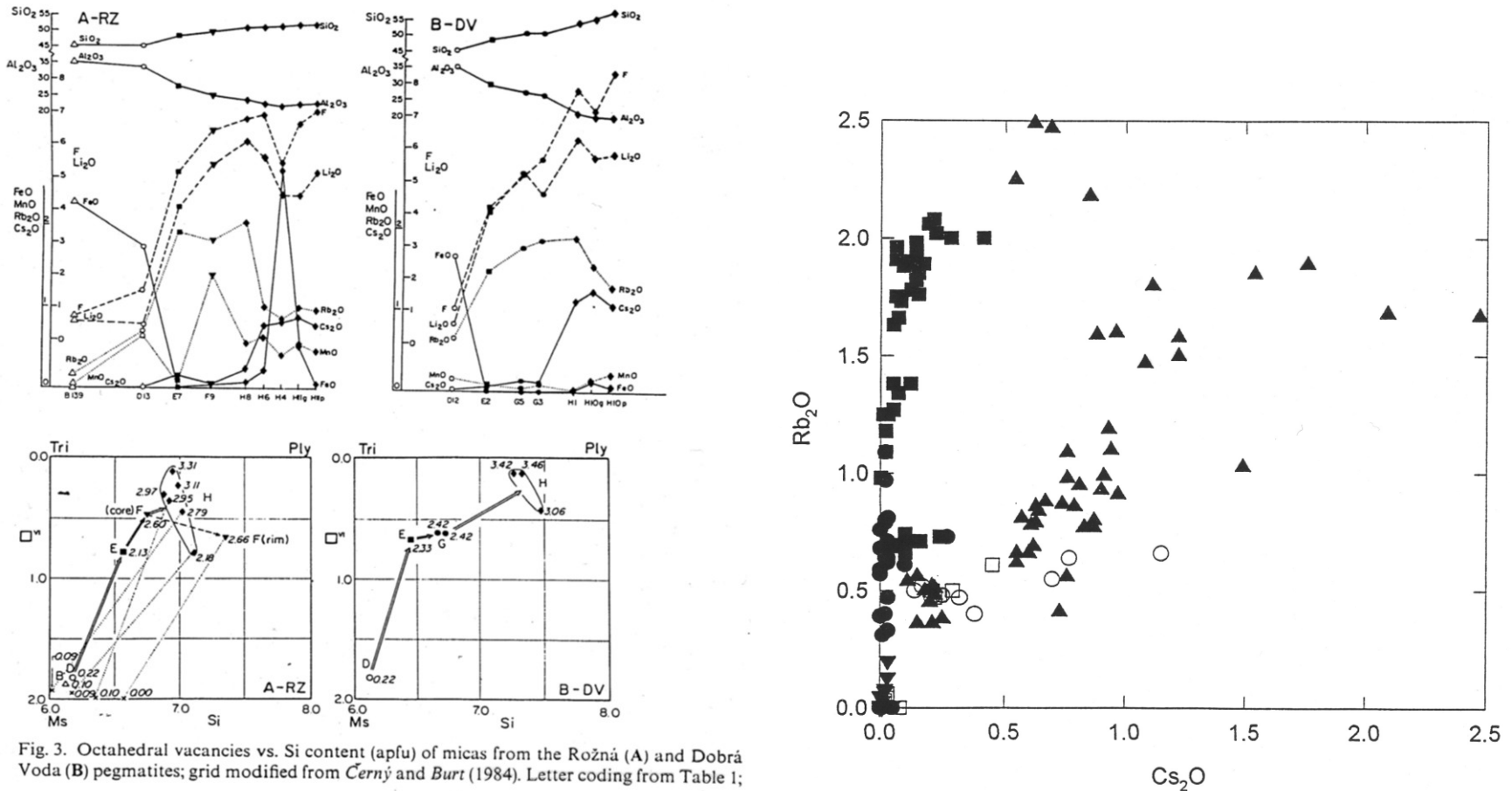


Fig. 3. Octahedral vacancies vs. Si content (apfu) of micas from the Rožná (A) and Dobrá Voda (B) pegmatites; grid modified from Černý and Burt (1984). Letter coding from Table 1;

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

4. Shrnutí

Fylosilikáty a především slídy jsou velmi důležité horninotvorné minerály využívané často k různým petrogenetickým i geochemickým závěrům.

dvojrstevné struktury (vzácnější)

trojvrstevné struktury (častější)

kaolinit

slídy, chlority, smektity

trioктаedrické, kationty v oktaedrické vrstvě obsazují všechny oktaedrické pozice

Příklady

biotit (annit)



mastek

- dioктаedrické, jsou obsazeny jen 2 ze 3 oktaedrických pozic (třetí je vakantní)

Příklady

muskovit



pyrofylit