

## LITHNÉ TURMALÍNY Z LEPIDOLITOVÉHO PEGMATITU V SEDLATICÍCH U TELČE (MOLDANUBIKUM, ZÁPADNÍ MORAVA)

LITHIUM TOURMALINES FROM THE LEPIDOLITE PEGMATITE AT SEDLATICE NEAR TELČ  
(MOLDANUBICUM, WESTERN MORAVIA)

JAN CEMPÍREK & STANISLAV HOUZAR

### Abstract

Cempírek, J., Houzar, S. (2011): Lithné turmalíny z lepidolitového pegmatitu v Sedlaticích u Telče (Moldanubikum, západní Morava). - Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 96, 2, 13-19.

*Lithium tourmalines from the lepidolite pegmatite at Sedlatice near Telč (Moldanubicum, western Moravia)*

The lepidolite-subtype pegmatite at Sedlatice features simple mineralogy with garnet, apatite, tourmaline, andalusite, cordierite?, cassiterite, manganocolumbite, zircon and topas as accessory phases. Tourmaline is represented by common schorlitic tourmaline, with rare thin rims of green tourmaline (*verdelite*). Rare *verdelite* was found together with muscovite in quartz, its composition ranges from F-rich elbaite to fluor-elbaite with elevated Fe and Mn contents. Very rare pink to white tourmaline replaced by illite and rimmed by trillithionite-polyolithionite was found in albite-lepidolite zone. Its composition varies among F-rich elbaite, fluor-elbaite and rossmanite. The compositional variation of tourmaline is similar to the general trend known from lepidolite-subtype pegmatites. Replacement of tourmaline by illite is most probably result of alteration by late hydrothermal fluids.

*Key words:* elbaite, rossmanite, fluor-elbaite, rossmanite, illite, alteration, Moldanubicum

Jan Cempírek\*, Stanislav Houzar: Department of Mineralogy and petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, \*jccempirek@mzm.cz

### 1. Úvod

Komplexní lepidolitový pegmatit od Sedlatic u Telče je vedle hlavních složek, křemene, živců, muskovitu a skorylu, typický hojným výskytem světle fialového lepidolitu; ostatní minerály (granát, apatit, elbait, andalusit, cordierit?, kasiterit, manganocolumbit, zirkon a topaz) byly nalezeny pouze v akcesorickém množství. Z lithných turmalínů byly v první fázi výzkumu nalezeny pouze vzácný *verdelit* a *indigolit*, tvořící ojedinělá zrna velikosti < 1 mm v křemenu, a jediný vzorek křemene s *rubelitem*. Malý obsah lithných turmalínů je neobvyklý ve srovnání s okolními výskyty lithných pegmatitů u Krasonic, Vystrčenovic a zejména s pegmatity v jihovýchodním okolí Jihlavy (HOUZAR 1995), kde jsou naopak podstatnými nositeli lithia.

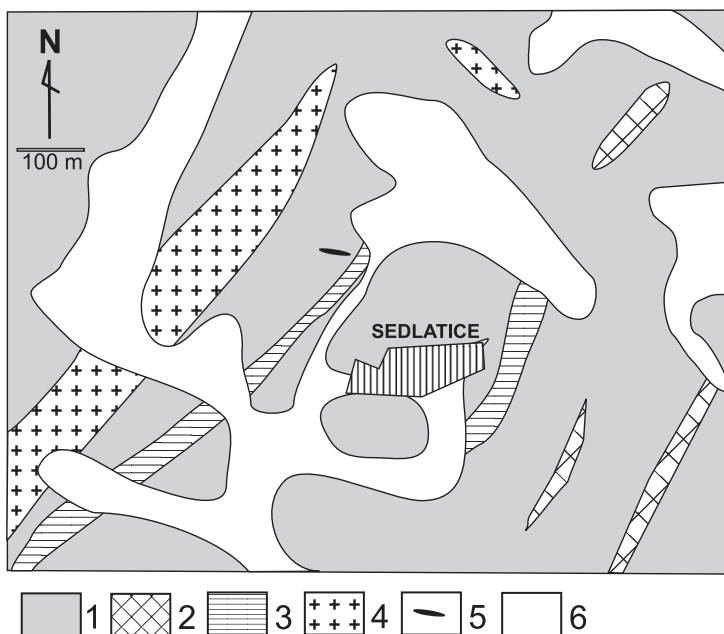
Od doby popisu tohoto pegmatitu bylo pegmatitové těleso několikrát odkryto sběrateli minerálů a výše zmíněná extrémní dominance lepidolitu byla potvrzena; podíl turmalínu v pegmatitu nedosáhl objemově ani 0,5 %. Z nových výkopů nám byl M. Součkem z Třebíče ke studiu poskytnut vzorek lepidolitu s albitem, který vzácně obsahuje i turmalín bílé až světle růžové barvy. Protože lithné turmalíny nebyly z této lokality dosud blíže charakterizovány, rozhodli jsme se jim věnovat krátký příspěvek se zaměřením na jejich chemické složení.

## 2. Charakteristika pegmatitu

Komplexní lepidolitový pegmatit u Sedlatice se vyskytuje v oblasti moravského moldanubika. Je uložen v sillimaniticko-biotitických rulách s vložkami amfibolitů a kvarcitů (obr. 1). Nedaleko od tohoto pegmatitu vystupují usměrněné turmalín-muskovitické granity a jednoduché pegmatity se skorylem, místy s dutinami s krystaly křemene. Žíla pegmatitu má směr přibližně V-Z, s odhadovanou mocností 2-4 m. Skládá se z několika zón, okrajová granitická zóna s akcesorickým muskovitem a turmalínem plynule přechází do písmenkové a drobně blokové zóny; v nich se typicky vyskytuje muskovit, skoryl, granát, apatit a nejistý cordierit. V centru žíly se objevuje zatlačování blokové zóny albitem. Objevuje se zde albit-lepidolitová jednotka s muskovitem, skorylem, vzácným verdelitem a ojedinelým *rubelitem* a akcesorickým kasiteritem a manganocolumbitem (HOUZAR 1995). Ve východní části žíly bylo zastiženo i lepidolitové jádro dosahující mocnosti asi 1 m. Vedle středně zrnitého (lupínky 2-3 mm) hnědorůžového až sytě růžového lepidolitu obsahuje též malé množství křemene, albitu a vzácný topas. Pro lepidolitové jádro je typická absence lithných turmalínů, které jsou vždy součástí buď drobně blokové (*verdelit*) nebo albit-lepidolitové zóny (*rubelit*).

## 3. Metodika

Asociace minerálů byla studována na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 ve vlnově disperzním módu v Laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, společném pracovišti Masarykovy univerzity a České geologické služby, Brno (operátor P. Gadas,



Obr. 1. Geologická situace lepidolitového pegmatitu u Sedlatice.

1 - parageneiss; 2 - kvarcizit; 3 - amfibolizit; 4 - granit, ortogneiss; 5 - lepidolitový pegmatit; 6 - kvartérní sedimenty.

Fig. 1. Geological situation of the Sedlatice lepidolite pegmatite.

1 - parageneiss; 2 - quartzite; 3 - amphibolite; 4 - granite, orthogneiss; 5 - lepidolite pegmatite; 6 - Quaternary sediments.

R. Škoda). Minerály byly analyzovány při urychlovacím napětí 15 keV, proudu 10 nA a velikosti svazku 4  $\mu\text{m}$ , za použití následujících standardů: Al, K – sanidin, Ba – benitoit, Ca – grossular, Cl – NaCl, Cr – chromit, F – topaz, Fe, Si – almandin, Mg – MgO, Mn – spessartin, Na – albit, Ni – Ni, Ti – titanit, V – vanadinit, Zn – gahnit. Hlavní prvky byly načítány po dobu 10–20 s, vedlejší 30–60 s. Naměřená data byla korigována automatickou PAP korekcí (POUCHOU a PICHOR 1985).

#### 4. Lithné turmalíny a jejich minerální asociace

Lithné turmalíny jsou v sedlatickém pegmatitu relativně vzácné; vyskytují se zde ve třech barevných varietách (*verdelit*, *rubelit*, *indigolit*), v odlišných asociacích.

Nejhojnějším Li-turmalínem je *verdelit*, představující charakteristický akcesorický minerál drobně blokové zóny, tvořené převážně křemenem, živcem, muskovitem a malým množstvím skorylu. Pouze v jediném vzorku zde byl nalezen i indigolit (nebyl analyzován; uložen Muzeum Vysočiny Třebíč). Šedozeleň *verdelit* (typ 1; nebyl blíže studován) vytváří úzké zóny (< 1 mm) na okrajích krystalů skorylu; ojediněle byly nalezeny tmavě až smaragdově zelené, až 1 mm dlouhé sloupečky a zrna *verdelitu* (typ 2) prorůstající muskovitem v asociaci s křemenem (HOUZAR 1995). Zjištěné chemické složení druhého typu *verdelitu* odpovídá elbaitu až fluor-elbaitu (tab. 1). *Verdelit* o složení elbaitu má zvýšené obsahy Fe (0,454–0,688 *apfu*), Mn (0,174–0,189 *apfu*), F (0,403–0,457 *apfu*) a vakanci v pozici X (0,260–0,367 *apfu*). U fluor-elbaitu se rovněž objevuje zvýšený obsah Fe (0,407–0,543 *apfu*), nicméně oproti elbaitu vykazuje mírně vyšší koncentrace Mn (0,223–0,236 *apfu*) a F (0,593–0,745 *apfu*) a mírně nižší počet vakanci v pozici X (0,189–0,248 *apfu*).

Narůžovělý až bílý turmalín je ve srovnání s *verdelitem* vzácnější. Vyskytuje se v albit-lepidolitové zóně, v asociaci s růžovým lepidolitem, albitem a křemenem. Makroskopicky tvoří až 1 cm velké agregáty, složené z tence stěbelnatých alterovaných krystalů srůstajících s hojnou bezbarvou slídou (obr. 2a). Chemické složení turmalínu odpovídá převážně elbaitu a rossmanitu, ojediněle byla zaznamenána složení odpovídající fluor-elbaitu (tab. 1). Elbait má velmi nízké obsahy Mn ( $\leq 0,063$  *apfu*) a Fe ( $\leq 0,080$  *apfu*), vysoký obsah F (0,401–0,462 *apfu*) a vysoký obsah vakanci v pozici X (0,420–0,471 *apfu*). U rossmanitu jsou obsahy Fe a Mn při hranici detekce ( $\leq 0,004$  resp.  $\leq 0,012$  *apfu*), obsah F je variabilní, ale obvykle výrazně nižší než u elbaitu (0,152–0,396 *apfu*); počty vakanci v pozici X dosahují pouze nízkých hodnot mezi 0,509 a 0,592 *apfu*. Fluor-elbait je obsahem Fe a Mn podobný elbaitu ze stejné asociace, liší se pouze zvýšenými obsahy F (0,505–0,621 *apfu*) a nižšími obsahy vakanci v pozici X (0,365–0,418 *apfu*).

Mikroskopicky je patrné zatlačování lithného turmalínu jemnozrnnou slídou, která vyplňuje prostor mezi jednotlivými krystaly turmalínu (obr. 2b). Její složení zjištěné pomocí elektronové mikrosondy odpovídá illitu (tab. 2); zvýšená suma přepočítané analýzy je důsledkem ztráty H<sub>2</sub>O pod elektronovým svazkem. Illit tvoří i větší vějířovité agregáty (do 0,2 mm) na okrajích drobných dutin, často vyplněných křemenem (obr. 2c, d).

Běžnou akcesorií ve srůstech s turmalínem a illitem jsou anhedrální zrna apatitu o velikosti do 0,2 mm a jejich nepravidelné agregáty (obr. 2b, c), ojediněle je i metamiktní zirkon (zrna do 0,1 mm). Lepidolit obklopující narůžovělý a bílý turmalín odpovídá pevnému roztoku polyolithionit-trilithionit-muskovit; analýzy vykazují typicky vysoký obsah F (~ 1,7 *apfu*), zvýšené obsahy Rb<sub>2</sub>O (až 1,68 hm. %) a Cs<sub>2</sub>O (až 0,53 hm. %; tab. 2, srovnej např. TINDLE a WEBB 1990, ČERNÝ *et al.* 1995, VIEIRA *et al.* 2011).

Tabulka 1. Reprezentativní složení turmalínu (elb = elbait; felb = fluor-elbait; rss = rossmanit.

Table 1. Representative compositional data for tourmaline (elb = elbaite; felb = fluor-elbaite; rss = rossmanite).

Č.an.	47	50	2	6	5	40	39	1
varieta	verdelit	verdelit	rubelit	rubelit	rubelit	rubelit	rubelit	rubelit
minerál	elb	f-elb	elb	elb	f-elb	f-elb	rss	rss
SiO <sub>2</sub>	37,59	37,75	38,76	38,15	37,75	38,77	39,04	38,60
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,81	38,12	42,35	41,50	41,38	41,54	44,39	42,39
FeO	5,18	4,08	0,11	0,15	0,14	0,05	0,03	0,01
MnO	1,40	1,75	0,10	0,30	0,38	0,23	0,03	0,07
ZnO	0,25	0,14	0,11	0,02	0,02	0,00	0,07	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02
CaO	0,02	0,10	0,03	0,06	0,02	0,05	0,01	0,03
Na <sub>2</sub> O	2,02	2,55	1,74	1,85	1,87	2,02	1,36	1,59
K <sub>2</sub> O	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
Rb <sub>2</sub> O	0,09	0,05	n.a.	n.a.	n.a.	0,14	0,04	n.a.
F	0,80	1,48	0,82	0,93	1,01	1,26	0,42	0,69
H <sub>2</sub> O*	3,39	3,06	3,49	3,38	3,31	3,26	3,76	3,54
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10,94	10,91	11,24	11,06	10,99	11,18	11,48	11,20
Li <sub>2</sub> O*	1,34	1,63	2,00	1,99	1,95	2,17	1,89	1,98
-O=F	-0,34	-0,62	-0,35	-0,39	-0,43	-0,53	-0,18	-0,29
Total	101,52	101,07	100,41	99,05	98,44	100,17	102,39	99,86

Vzorec na 31 aniontů / Formula based on 31 anions								
T: Si	5,972	6,012	5,995	5,992	5,969	6,026	5,910	5,991
Al	0,028	0,000	0,005	0,008	0,031	0,000	0,090	0,009
B: B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Z: Al	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Y: Al	1,239	1,156	1,715	1,675	1,680	1,608	1,828	1,744
Ti	0,003	0,005	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,688	0,543	0,014	0,020	0,019	0,006	0,004	0,001
Mn	0,189	0,236	0,013	0,040	0,051	0,031	0,004	0,009
Zn	0,029	0,016	0,013	0,002	0,002	0,000	0,008	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005	0,000	0,002	0,005
Li*	0,853	1,042	1,244	1,259	1,240	1,355	1,152	1,237
X: Ca	0,004	0,018	0,005	0,010	0,003	0,009	0,002	0,005
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002
Na	0,622	0,786	0,522	0,563	0,573	0,610	0,400	0,478
K	0,001	0,003	0,002	0,006	0,004	0,006	0,003	0,006
Rb	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000	0,009	0,002	0,000
Vac X	0,367	0,189	0,471	0,420	0,418	0,365	0,592	0,509
OH	3,597	3,255	3,599	3,538	3,495	3,379	3,797	3,661
F	0,403	0,745	0,401	0,462	0,505	0,621	0,203	0,339

V, Cr, Ba, Cs, Cl pod detekčním limitem

\* dopočítáno podle stechiometrie

n.a. = neanalyzováno

V, Cr, Ba, Cs, Cl below detection limit

\* calculated from stoichiometry

n.a. = not analyzed

Tabulka 2. Reprezentativní složení fylosilikátů.  
Table 2. Representative compositional data for phyllosilicates.

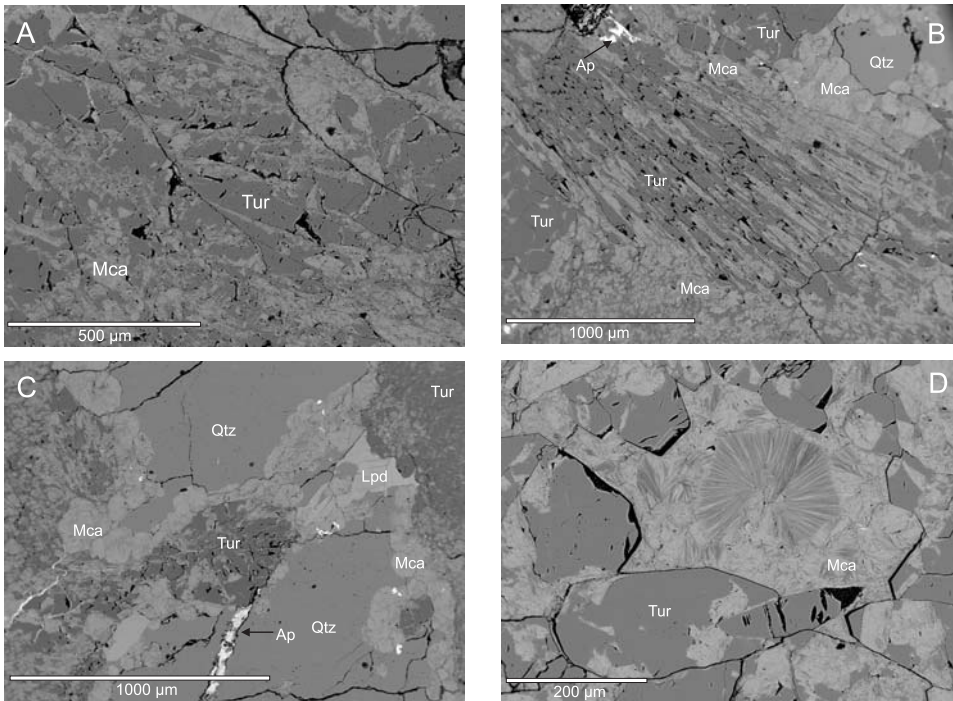
Č.an.	34	42	35	44
	illit	illit	lpd	lpd
SiO <sub>2</sub>	48,92	47,05	52,25	51,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,80	35,56	23,89	23,78
FeO	0,50	0,30	0,03	0,01
MnO	0,02	0,00	0,08	0,10
MgO	0,94	0,73	0,01	0,00
CaO	0,05	0,11	0,00	0,00
ZnO	0,00	0,11	0,00	0,00
Li <sub>2</sub> O*	–	–	5,44	5,13
K <sub>2</sub> O	10,06	10,08	10,50	10,35
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,08	0,21	0,18
Rb <sub>2</sub> O	0,04	0,00	1,29	1,68
Cs <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,53	0,23
F	0,36	0,28	7,89	8,12
H <sub>2</sub> O*	9,44	9,13	0,77	0,57
–O=F	–0,15	–0,12	–3,32	–3,42
Total	105,03	103,32	99,57	97,88
Si	3,000	3,000	3,478	3,471
Al	2,515	2,672	1,874	1,902
Fe <sup>2+</sup>	0,026	0,016	0,001	0,001
Mn	0,001	0,000	0,005	0,005
Mg	0,086	0,069	0,001	0,000
Ca	0,003	0,007	0,000	0,000
Zn	0,000	0,005	0,000	0,000
Li*	–	–	1,457	1,399
<sup>[IV]</sup> T+ <sup>[VI]</sup> M	5,631	5,769	6,816	6,778
K	0,787	0,820	0,892	0,896
Na	0,005	0,010	0,027	0,024
Rb	0,001	0,000	0,055	0,073
Cs	0,000	0,000	0,015	0,007
O	11,287	11,524	12,000	12,000
OH	1,931	1,944	0,340	0,257
F	0,069	0,056	1,660	1,743

Ti, V, Cr, Ba, Cl pod detekčním limitem

\* dopočítáno podle stechiometrie (H<sub>2</sub>O) a podle TINDLE a WEBB, 1990 (Li<sub>2</sub>O)

Ti, V, Cr, Ba, Cl below detection limit

\* calculated from stoichiometry (H<sub>2</sub>O) and according to TINDLE and WEBB, 1990 (Li<sub>2</sub>O)



Obr. 2. Alterace Li-turmalínů; a) illit vyplňující nepravidelné trhliny; b) illit vyplňující trhliny ve směru protažení krystalu turmalínu a na okrajích drobných dutin; c) agregáty illitu na styku turmalínu, lepidolitu a křemene; d) radiálně paprskité agregáty illitu a křemene vyplňují drobnou dutinu. Zkratky: Qtz - křemen, Tur - Li-turmalín, Mca - fylosilikáty (převládá illit), Lpd - lepidolit, Ap - apatit.

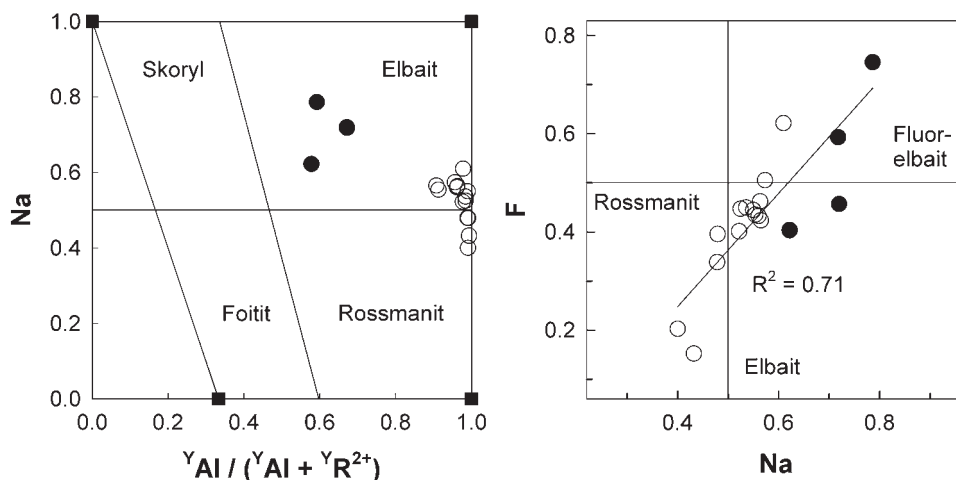
Fig. 2. Alteration of Li-tourmaline; a) irregular fractures filled by illite; b) illite on fractures parallel to the tourmaline crystal elongation and in small vugs; c) illite aggregates among tourmaline, lepidolite and quartz; d) radial aggregates of illite and quartz in a small vug. Abbreviations: Qtz - quartz, Tur - Li-tourmaline, Mca - phyllosilicates (illite prevails), Lpd - lepidolite, Ap - apatite.

## 5. Diskuse a závěr

Vývoj chemického složení turmalínu v sedlatickém pegmatitu odpovídá obecnému trendu zjištěnému v lepidolitovém subtypu pegmatitů (SELWAY *et al.* 1999), tedy od turmalínu foitit-skoryl-dravitové řady (v Sedlaticích pravděpodobně zastoupeném černým turmalínem) přes fluor-elbait, elbait až k rossmanitu v nejvíce frakcionovaných jednotkách (Obr. 3a). Díky nepravidelnému tvaru zrn a jejich agregátů nebylo v Sedlaticích možné tento trend pozorovat texturně, ale pouze v naměřených datech. Zjištěná data zároveň potvrzují již dříve zjištěný trend, pozitivní korelaci obsahu Na a F ve většině přírodních turmalínů (obr. 3b, srovnej např. HENRY a DUTROW 2011, SELWAY *et al.* 1999).

Alterace turmalínu na fylosilikáty je i přes svou relativní hojnost poměrně málo prozkoumaný jev, ať již z hlediska mobility prvků, nebo z hlediska přesnějšího určení mechanismu reakce. Mezi nejčastějšími produkty alterace bývá uváděn cookeit a muskovit, příp. illit (např. AHN a BUSECK 1998, ERTL a PREM 2007). Vznik illitu po turmalínu v Sedlaticích by mohl být buď důsledkem reakce primárního turmalínu s reziduální, draslíkem a lithiem bohatou taveninou v závěru krystalizace pegmatitového tělesa, ze které vznikla hlavní část lepidolitové zóny pegmatitu, nebo reakce turmalínu s nízkoteplotními hydrotermálními fluïdy během pozdního vývoje pegmatitu. Vzhledem k tomu, že horní limit stability illitu je

~ 360 °C (např. ROSENBERG 2002), je nutno vznik asociace připsat spíše nízkoteplotní hydrotermální alteraci.



Obr. 3. Chemické složení turmalínu (*verdelit* – kolečka, *rubelit* – kroužky); a) klasifikační diagram podle SELWAY *et al.* (1999); b) korelace obsahů Na a F.

Fig. 3. Chemical composition of tourmaline (*verdelite* – dots, *rubellite* – circles); a) classification diagram after SELWAY *et al.* (1999); b) correlation of Na and F contents.

## 6. Poděkování

Autoři děkují P. Gadasovi a R. Škodovi za provedení analýz, dr. R. Čopjakové a dr. R. Škodovi za posouzení a podnětné připomínky k rukopisu. Publikace vznikla s finanční podporou grantu GAČR P210/10/07043.

## LITERATURA

- AHN, JUNG HO, BUSECK, P. R., 1998: Transmission electron microscopy of muscovite alteration of tourmaline. – *Amer. Mineral.*, 83, 535–541.
- ČERNÝ, P., STANĚK, J., NOVÁK, M., BAASTGAARD, H., RIEDER, M., OTTOLINI, L., KAVALOVÁ, M., CHAPMAN, R., 1995: Chemical and structural evolution of micas at the Rožná and Dobrá Voda pegmatites, Czech Republic. – *Mineralogy and Petrology*, 55, 177–202.
- ERTL, A., PREM, M., 2007: Late-stage hydrothermal alteration products occurring in the Stewart Mine, San Diego Co., California, U. S. A. – *Mitt. Österr. Miner. Ges.*, 153, 273–274.
- HOUZAR, S., 1995: Nový lepidolitový pegmatit od Sedlatic u Želetavy, záp. Morava – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 80, 47–55.
- HENRY, D. J., DUTROW, B. L., 2011: The incorporation of fluorine in tourmaline: internal crystallographic controls or external environmental influences? – *Canad. Mineralogist*, 49, 41–56.
- POUCHOU, J. L., PICHOR, F., 1985: “PAP” procedure for improved quantitative microanalysis. – *Microbeam Analysis*, 20, 104–105.
- ROSENBERG, P. E., 2002: The nature, formation, and stability of end-member illite: A hypothesis. – *Amer. Mineral.*, 87, 103–107.
- SELWAY, J. B., NOVÁK, M., ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F. C., 1999: Compositional evolution of tourmaline in lepidolite-subtype pegmatites. – *Eur. J. Mineral.*, 11, 569–584.

- TINDLE, A. G., WEBB, P. C., 1990: Estimation of lithium contents in trioctahedral micas using microprobe data : application to micas from granitic rocks. *Eur. J. Mineral.*, 2, 595-610.
- VIEIRA, R., RODA-ROBLES, E., PESQUERA, A., LIMA, A., 2011: Chemical variation and significance of micas from the Fregeneda-Almendra pegmatitic field (Central-Iberian Zone, Spain and Portugal). - *Amer. Mineral.*, 96, 637-645.