ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
LXXXXI (2006): 129–176, 2006

GRANITICKÉ NYF PEGMATITY TŘEBÍČSKÉHO PLUTONU

GRANITIC NYF PEGMATITES OF THE TŘEBÍČ PLUTON (CZECH REPUBLIC)

RADEK ŠKODA & MILAN NOVÁK & STANISLAV HOUZAR

Abstract

Škoda, R. Novák, M., Houzar, S. 2006: Granitické NYF pegmatity třebíčského plutonu. Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 91, 129–176.

Granitic NYF pegmatites of the Třebíč Pluton (Czech Republic)

Homogeneous segregations to complexly zoned dikes of granitic pegmatites, up to 2 m thick, are enclosed in Hercynian (ca. 340 Ma), *I*-type, ultrapotassic, porphyric, amphibol-biotite melasyenite to melagranite (durbachite) of the Třebíč Pluton (TP), Moldanubicum, western Moravia, Czech Republic. They typically show transitional contacts with the host syenites to granites. Mineral composition the pegmatites is characterized by dominance of K-feldspar (locally amazonite) over albite, common Mg-rich biotite (phlogopite) but absence of primary muscovite, common Y, REE-bearing minerals (allanite-(Ce), aeschynite and euxenite group minerals) and Ti-bearing minerals (titanite I, ilmenite). Further common accessory minerals include actinolite, zircon, monazite-(Ce), beryl, phenacite and niobian rutile. Tourmaline (abundant Ca, Ti, Fe^{3+}-rich dravite to schorl, very rare Al-rich schorl) is a typical minor to accessory mineral in some euxenite pegmatites but rather rare in allanite pegmatites. Abundant alteration products include chlorite, pyrochlore group minerals, bastnäsite-(Ce), pseudorutile and titanite II. Specific zinnwaldite–masutomilite–elbaite pegmatite from Kracovice cuts gneiss nearby the western border of the TP. It exhibits similar mineralogical features – common Y, REE-bearing minerals (samarskite group minerals, fergusonite, monazite-(Ce), xenotime-(Y), yttropyrochlore, Y-rich spessartine), presence of amazonite but it also contains primary muscovite and abundant Li, B, Be, Mn, F-rich minerals such as zinnwaldite, masutomilite, Mn-rich lepidolite, elbaite, topaz, spessartine, beryl and hambergite. The examined pegmatites are classified as typical metaluminous, NYF pegmatites of the allanite and euxenite subtype; however, peraluminous, Li, Mn, F, B-rich pegmatite from Kracovice may also belong to the „Mixed"-family. Geochemical evolution from Mg-rich, metaluminous allanite subtype pegmatites, through less evolved euxenite subtype pegmatites and more evolved Mn, F, B-enriched albitized euxenite pegmatite from Klučov to highly evolved peraluminous Li, Mn, F, B-rich pegmatite from Kracovice is characterized by significant increase in activity of Li, F, Mn, Sn, Y, HREE and Nb, but depletion in Ca, Mg, LREE and Ti. Enrichment in B and Be during fractionation is less apparent. Granitic NYF pegmatites related to other durbachite bodies of the Bohemian Massif (Čertovo břemeno, Drahonín) show similar geochemical and mineralogical features, but they are generally slightly more evolved and they were classified as gadolinite subtype absent within the TP. Euxenite subtype pegmatites from Trout Creek Pass, Colorado, USA are similar to those from TP.

Key words: mineralogy, granitic pegmatites, NYF family, REE minerals, Třebíč Pluton, Bohemian Massif, Czech Republic.

Radek Škoda, Milan Novák, Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: rskoda@sci.muni.cz

Stanislav Houzar, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, e-mail: shouzar@mzm.cz

1. Úvod

Granitické pegmatity s minerály vzácných zemin (běžně řazené k tzv. NYF pegmatitům, srovnej WISE 1999, ERCIT 2004, ČERNÝ a ERCIT 2005) jsou velmi často prostorově i geneticky vázané na *A*-typové a *I*-typové granity. V České republice k nim patří pegmatity vyskytující se např. v krkonošsko-jizerském plutonu, žulovském plutonu, v části středočeského batolitu a především v tělesech durbachitů moldanubika – pluton Čertova břemene a třebíčský pluton. Těmto pegmatitům i jejich minerálům byla dosud v ČR věnována jen malá pozornost ve srovnání s tzv. LCT pegmatity. Dosavadní studie se navíc zabývaly téměř výhradně jednotlivými minerály (např. KREJČÍ 1923, NOVÁČEK 1932, BOUŠKA *et al.* 1960, BOUŠKA 1960, 1968, BOUŠKA a JOHAN 1970, ČECH 1957a, ČECH *et al.* 1978, STANĚK 1973, NOVÁK a ČECH 1995), jen výjimečně podaly detailnější popis jednotlivých pegmatitových těles (např. ČECH 1957b, BOUŠKA *et al.* 1960).

Podobně jako další NYF pegmatity v ČR byly i pegmatity třebíčského plutonu (TP) a jejich minerály studovány jen velmi málo. První zmínka pochází už od KOLENATIHO (1854), který uvádí amazonit z Boňova, pegmatity zmiňuje také DVORSKÝ (1898). Další stručné poznámky o pegmatitech v třebíčském plutonu nacházíme až na počátku a v první polovině 20. století (SUESS 1906, ZAPLETAL 1934 a NĚMEC 1946). Později KALÁŠEK (1954) píše o velmi hojných úlomcích pegmatitů (křemen, živec, skoryl a biotit) v hromadách kamení sesbíraných z polí v oblasti mezi Jaroměřicemi, Petrůvkami a Ostašovem. Výskyty dalších minerálů z pegmatitů TP shrnují ve svém díle BURKART (1953) a KRUŤA (1966). Teprve v 50. letech 20. století byl zahájen podrobnější výzkum. František Čech studoval výskyty prioritu (=aeschynit-(Y)) u Pozďátek (ČECH 1957a) a detailně popsal pegmatity v okolí Chlumku u Velkého Meziříčí (ČECH 1957b). STANĚK (1973) popsal fenakit z okolí Třebíče a shrnul dosavadní poznatky o pegmatitech TP v příslušných kapitolách Mineralogie Československa (ČECH *et al.* in BERNARD *et al.* 1969, 1981). Týž autor stručně popisuje mineralogii pegmatitů TP v dalším souborném díle (BERNARD 2000).

V posledních 10–15 letech začali mineralogové věnovat granitickým pegmatitům TP větší pozornost. Novák a Jilemnická (1988) analyzovali ilmenit a pseudorutil z některých pegmatitů poblíž Třebíče a Bochovic, Novák a Čech (1995) určili niobový rutil z Kožichovic, Čech *et al.* (1999) studovali komplexní Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy z několika lokalit v okolí Třebíče a chemické složení turmalínů z NYF pegmatitů v okolí Třebíče diskutují NOVÁK *et al.* (2003). Více pozornosti bylo věnováno pouze lokalitě Kracovice. Vedle nálezové zprávy (HOUZAR 1987) podali detailní popis pegmatitu a části minerálů NĚMEC (1990) a NOVÁK *et al.* (1999); detailně byly studovány zejména hambergit (NĚMEC 1990, BURNS *et al.* 1995, NOVÁK *et al.* 1998), slídy (NĚMEC 1990) a turmalíny (NĚMEC 1990, NOVÁK 2000). Jedinou rozsáhlejší souhrnnou prací o pegmatitech z této oblasti je diplomová práce Radka Škody zabývající se Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy (ŠKODA 2003).

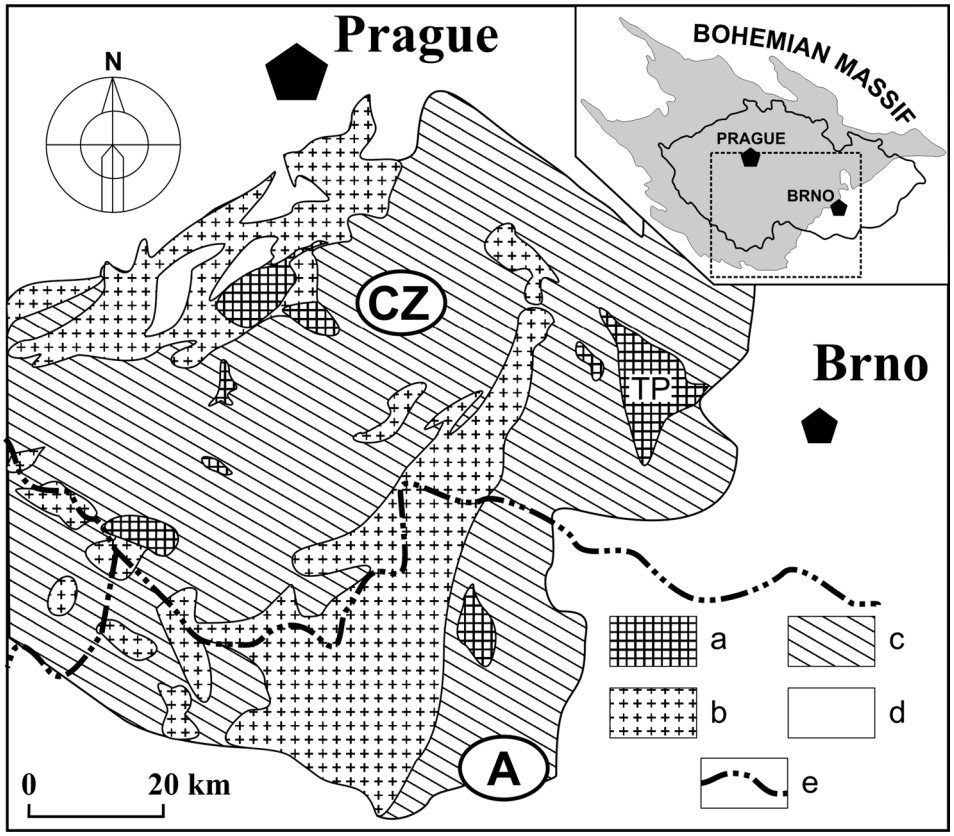
V této práci jsou shrnuty poznatky o granitických pegmatitech TP a jejich minerálech založené na terénním výzkumu autorů a na značném množství dosud nepublikovaných analytických dat. Je zde podán přehled výzkumu pegmatitů, diskutovány jsou texturně-paragenetické jednotky, vnitřní stavba pegmatitových těles a jejich rozšíření v rámci TP. Mineralogická část se zaměřila na popis jednotlivých fází, jejich texturně-paragenetické vztahy a jejich chemické složení a vývoj složení ve vztahu ke frakcionaci jednotlivých pegmatitů, substituční mechanismy u jednotlivých minerálů ale blíže diskutovány nejsou. V závěru jsou shrnuty poznatky a podáno srovnání NYF pegmatitů TP s podobnými pegmatity v ČR i jinde ve světě. Diskutovány jsou některé typické nebo neobvyklé mineralogické, geochemické i geologické rysy studovaných NYF pegmatitů TP.

2. Přehled geologie, petrologie a geochemie třebíčského plutonu

Velká tělesa ultrapotasických hornin durbachitové série (MgO > 3 hm. %, K_2O/Na_2O > 2; FOLEY *et al.* 1987) včetně třebíčského plutonu leží především v moldanubiku České-

ho masivu (obr. 1). Podobné horniny jsou známy z Schwarzwaldu v Německu, Vogéz ve Francii (HOLUB *et al.* 1997a) a z lugika na území Polska (LEICHMANN a GAWEDA 2002). Porfyrické, amfibol-biotitické nebo pyroxen-biotitické melasyenity až křemenné melasyenity a melagranity řazené k *I*-typovým granitům (FINGER *et al.* 1997) obsahují mafické mikrogranulární enklávy ultrapotasického složení. Další ultrapotasické horniny (amfibol-flogopitové ultramafity, biotit-dvoupyroxenové melasyenity až melagranity) jsou s durbachity prostorově a velmi pravděpodobně i geneticky svázané (HOLUB *et al.* 1997a, HOLUB 2004). V durbachitech se běžně vyskytují také felsické partie, které se od okolního durbachitu liší zvýšeným obsahem živců (K-živec výrazně dominuje nad plagioklasem) na úkor tmavých minerálů durbachitu – flogopitu a amfibolu, a nižším stupněm usměrnění. V těchto partiích se objevují poněkud častěji makroskopická zrna allanitu-(Ce) a/nebo titanitu (1–4 mm velká), textura horniny i velikost zrn K-živce ale zůstává podobná jako v okolním durbachitu.

Durbachitické horniny jsou vysoce hořečnaté (3,2–10,4 hm. % MgO), bohaté na Cr, Rb, Cs, Ba, U a Th, ale mají neobvykle nízké obsahy CaO a Sr a vysoký poměr Rb/Sr = 0,8–1,3. Poměr CeN/YbN dosahuje hodnot 13,6–16,0 a durbachity mají vysoký iniciální poměr $^{87}Sr/^{86}Sr_{350}$ = 0,71026–0,71284 (JANOUŠEK *et al.* 2000). Radiometrické datování



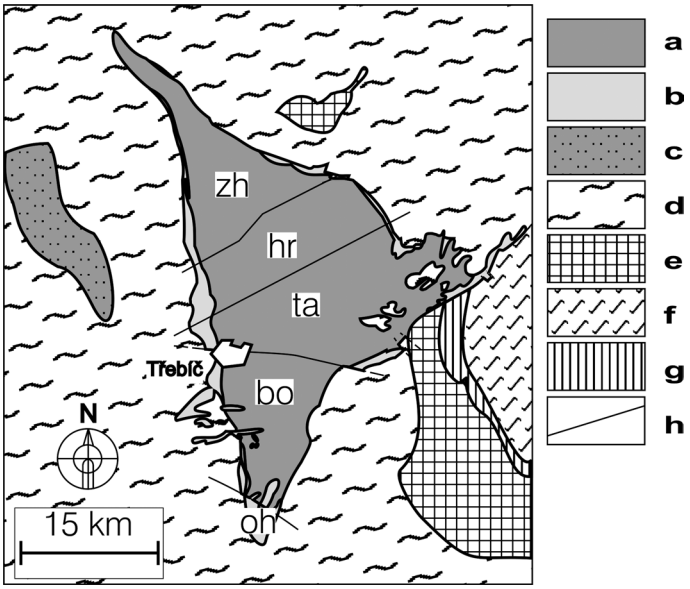
Obr. 1. Schématická geologická mapa moldanubika. a) durbachity, b) ostatní granitické horniny, c) metamorfované horniny, d) okolní geologické jednotky.

Fig. 1. Schematic geological map of the Moldanubicum. a) durbachites, b) other granitic rocks, c) metamorphic rocks, d) surrounding geological units.

ukázalo u následujících plutonů téměř shodný věk – pluton Čertova břemene: Pb–Pb zirkon 340 ± 8 (HOLUB *et al.* 1997b); třebíčský pluton: Pb–Pb zirkon 343 ± 6 Ma (HOLUB *et al.* 1997b); jihlavský pluton: U–Pb zirkon 339 ± 2 Ma (KOTKOVÁ *et al.* 2003). Durbachitické horniny jsou dnes interpretovány jako produkt míšení obohaceného plášťového magmatu a krustálních tavenin (HOLUB *et al.* 1997a, HOLUB 2004, JANOUŠEK *et al.* 2000).

Třebíčský pluton

Třebíčský pluton (TP) je plošně nejrozsáhlejším tělesem durbachitů (~ 540 km^2) v Českém masivu. V dnešní denudační úrovni se jeví jako deskovité těleso trojúhelníkovitého tvaru s vrcholy u obcí Polná, Velká Bíteš a Jaroměřice nad Rokytnou. Styk s okolními horninami je intruzivní, pouze v. část je omezena tektonicky mírně ukloněným (40° k SV) bítešským zlomem (BUBENÍČEK 1968, REJL a SEDLÁK 1987). V místech, kde kontakt není modifikován mladšími dislokacemi, příp. proniky zřetelně mladších intruzí aplitů a biotitických granitů (NĚMEC 1982), jsou na kontaktu vyvinuty tmavé biotitem značně bohaté migmatity, místy s čočkovitými zrny K-živce (tzv. „Graue Gneise“ a „Perlgneise“ podle SUESS 1906). Často jsou neodlišitelné od drobněji zrnitých durbachitů a vedení vzájemných hranic je problematické. Navíc obsahují malé polohy i izolované budiny jemnozrnných biotitovců, vzácně i mramorů. Vnější část exokontaktu tvoří světlé anatektické granitoidy s převahou metatektu, lokálně peraluminické (se sillimanitem, granátem a sekaninait-cordieritem). Těleso durbachitu intrudovalo do relativně malých hloubek (BUBENÍČEK 1968) a vytvořilo kolem sebe výraznou metamorfní zonálnost odpovídající HT/LP podmínkám



Obr. 2. Schématická geologická mapa TP s vyznačením hlavních zlomů a tektonických segmentů. zh – zhořský seg., hr – hroznatínský seg., ta – tasovský seg., bo – boňovský seg., oh – ohrazenický seg. (podle BUBENÍČKA 1968 a MÍSAŘE *et al.* 1983). a) amfibol-biotitický durbachit, b) leukokrátní granity, c) pyroxen-biotitický durbachit (jihlavský pluton), d) silně metamorfované ruly a migmatity, e) granulity, f) bítešská skupina, g) olešnická skupina, h) význačné zlomy.

Fig. 2. Schematic geological map of TP with major faults and tectonic segments. zh – Zhoř seg., hr – Hroznatín seg., ta – Tasov seg., bo – Boňov seg., oh – Ohrazenice seg. (according to BUBENÍČEK 1968 and MÍSAŘ *et al.* 1983). a) amphibole-biotite durbachite, b) leucocrate granite, c) pyroxene-biotite durbachite (Jihlava Pluton), d) high-grade gneiss and migmatite, e) granulite, f) Bíteš unit, g) Olešnice unit, h) major faults.

(NOVÁK a HOUZAR 1996). S intruzí TP jsou spojovány výskyty drobných durbachitových těles podél bítešského zlomu a v centrální části strážeckého moldanubika. Masiv je rozdělen regionálními zlomy do pěti segmentů (obr. 2; zhořský, hroznatínský, tasovský, boňovský a ohrazenický segment) lišících se tektonickou stavbou, magnetickou susceptibilitou, radioaktivitou, minerálním složením, množstvím aplitových žil i množstvím pegmatitů (BOUČEK *et al.*1988).

Horniny TP můžeme označit jako melanokrátní granity až melanokrátní syenity (HOLUB 1988). Je pro ně charakteristická tmavě šedá až šedočerná barva, porfyrická, masivní a plošně paralelní textura, která je podmíněna více či méně výrazným usměrněním vyrostlic K-živce. Porfyrické vyrostlice jsou reprezentovány bílými, šedými až nažloutlými krystaly K-živce srostlými podle karlovarského zákona, jejichž velikost se pohybuje běžně do 2 cm, max. 5 cm. K-živce z durbachitů ležících j. od třebíčského zlomu, právě v oblasti největšího rozšíření pegmatitů, mají nejvyšší stupeň triklinity (NĚMEC 1976). Drobné lupínky Fe-flogopitu (Fe/(Fe + Mg) = 0,32–0,35, 3–4 hm. % TiO_2), oscilačně zonálního plagioklasu (An_{8-40}), sloupečky zeleného amfibolu (hojný aktinolit až vzácný magnesiohornbled, Fe/(Fe + Mg) ~ 0,2), místy s relikty diopsidu a velmi vzácného ortopyroxenu tvoří základní hmotu. Typickými akcesoriemi jsou apatit, titanit a zirkon. Vysoká radioaktivita TP je způsobena přítomností minerálů s U a Th, především zirkonu, thoritu, thorianitu, monazitu-(Ce), cheralitu, allanitu-(Ce), parisitu, xenotimu-(Y) a „hydrozirkonu". Rozměry těchto akcesorií, vázaných především na lupeny biotitu, jen výjimečně přesahují jednotky mikrometrů (SULOVSKÝ 2000). K vysoké radioaktivitě přispívá i velké množství K s radioaktivním izotopem ^{40}K. Běžně se vyskytují i drobná zrna sulfidů (pyrhotin >> pyrit).

Typickým znakem hornin TP jsou vysoké a někdy značně variabilní obsahy MgO (3,3–10,4 hm. %), K_2O (5,2–6,5 hm. %), P_2O_5 (0,47–0,98 hm. %) a nízké koncentrace Na_2O (1,3–2,5 hm. %), ASI = 0,85–0,93, které jsou srovnatelné s jinými durbachity. Obsahy TiO_2, P_2O_5 a FeO_{tot} pozitivně korelují s množstvím MgO, zatímco množství SiO_2 koreluje negativně. Horniny s nejvyšším poměrem Mg/Fe vykazují rovněž nejvyšší poměr K/Na. Koncentrace Rb (330–410 ppm) a Cs (20–40 ppm) jsou neobvykle vysoké stejně jako obsahy Cr (270–650 ppm) a Ni (50–180 ppm); frakcionační poměry jsou pro K/Rb = 133–171 a Nb/Ta = 8,3–17,3. Obsahy Ba (1100–2470 ppm) jsou oproti ostatním korovým horninám vysoké, ale ve srovnání s durbachity jiných těles moldanubika jsou relativně nízké. Hodnoty REE normalizované chondritem ukazují zřetelné obohacení o LREE (LREE/HREE = 11,0–18,7) a poměrně slabou, negativní Eu anomálii. Typické jsou vysoké obsahy U (6,7–26,2 ppm) a Th (28,2–47,7 ppm), poměr Th/U se pohybuje v rozmezí 1,68–4,37 (HOLUB *et al.* 1997a, ZACHOVALOVÁ *et al.* 1999).

3. Metodika

3.1 Elektronová mikrosonda

Vyseparovaná zrna minerálů byla zalita do disků z epoxydové pryskyřice a naleštěna. Z některých vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy. Na oba typy preparátů byla nanesena uhlíková vrstva tloušťky 250 Å.

Chemické analýzy pocházejí z období několika let z různých pracovišť. Část chemických analýz byla provedena na elektronové mikrosondě CAMECA SX 100, na společném pracovišti Přírodovědecké Fakulty MU a ČGS v Brně. Pro oxidické fáze bylo použito urychlovací napětí – 15 kV a proud svazku – pro silikáty 10 nA, pro ostatní minerály 20–40 nA. Pro herzenbergit bylo urychlovací napětí 25 kV a proud 40 nA. Použitý průměr svazku odráží stabilitu minerálu pod proudem elektronů se pohyboval od 1 do 10 μm. Syntetické materiály a dobře definované přírodní minerály byly použity jako standardy. Změřená data byla korigována automatickou korekcí PAP (POUCHOU a PICHOIR 1985). Detaily analýzy YREE, Nb, Ta, Ti-oxidů jsou uvedeny v práci ŠKODY a NOVÁKA (v tisku). Velká

část analýz (turmalíny, slídy, živce, Be-minerály) byla provedena na elektronové mikrosondě CAMECA SX 50 (University of Manitoba, Winnipeg, Kanada), část analýz turmalínů pochází z elektronové mikrosondy CAMECA SX 100 (Geologický Ústav Dionýza Štúra, Bratislava). Všechny tyto analýzy proběhly ve vlnově disperzním módu. Malá část analýz, které byly převzaty z diplomové práce ŠKODY (2003), pocházejí z elektronového mikroskopu CamScan s přídavným EDS analyzátorem.

3.2. RTG difrakce

K identifikaci a k určení strukturních parametrů některých minerálů bylo použito práškové difrakce na přístroji RTG difraktomert STOE, typ Stadi P (Ústav geologických věd, MU Brno). Měření bylo uskutečněno za použití $CoK_{\alpha 1}$ záření, s primárním 111 Ge monochromátorem, v transmisním režimu, s lineárním PSD detektorem, urychlovací napětí 30 kV a proud 40 mA.

3.3. Canonická diskriminační analýza

Minerály skupiny aeschynitu (*Pmna*) a euxenitu (*Pcan*) mají obecný vzorec AB_2O_6 a v podstatě velmi podobné chemické složení. Vzhledem k vysokým obsahům U a Th se obvykle vyskytují jako metamiktní a jejich strukturu nelze určit pomocí RTG difrakce přírodního materiálu. Proto byla pro rozlišení mezi minerály skupiny aeschynitu a skupiny euxenitu použita diskriminační analýza publikovaná ERCITEM (2005).

3.4. Používané termíny

V textu práce je užita řada názvů minerálů, které nebyly schváleny Komisí pro nové minerály a jména minerálů při IMA, nebo již byly jako samostatné minerály zrušeny (oligoklas, biotit, lepidolit, zinnwaldit, masutomilit, wolframoixiolit, varlamoffit). Používáme je dál z následujících důvodů: (i) tyto termíny se dál běžně objevují ve vědeckých publikacích (oligoklas, biotit, lepidolit), (ii) lépe vystihují reálné složení minerálu (wolframoixiolit), (iii) z důvodu nestanovení některých důležitých prvků (např. Li) je nelze jednoznačně klasifikovat (zinnwaldit, masutomilit, lepidolit).

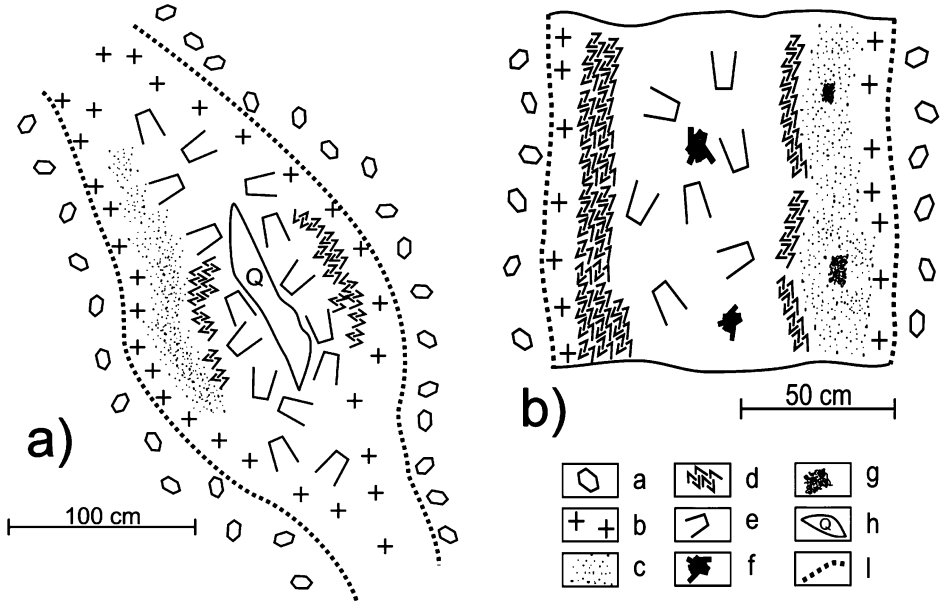
4. Texturní jednotky a vnitřní stavba pegmatitů TP

Na základě studia výchozů na lokalitách Vladislav-Pazderníkův mlýn, Oslavice, Uhřínov a Ratibořice, velkých balvanů především v okolí Klučova, Kožichovic, Pozďátek, Okrašovic, Vladislavi, Třebíče a Velkého Meziříčí, i z drobných úlomků pegmatitů v terénu a ve sbírkách mineralogicko-petrografického oddělení MZM v Brně byly v pegmatitech vyčleněny následující texturně-parageneticke jednotky. Ty mohou v pegmatitových tělesech tvořit hnízda i zcela nepravidelné partie o velikosti od několik cm do několika dm, popř. souvislé zóny ve větších zonálních tělesech. Mocnost pegmatitových těles dosahuje několika dm a výjimečně až 2 m.

4.1. Přehled texturně-parageneticky jednotek

V pegmatoidních segregacích z durbachitů a v zonálních pegmatitových tělesech byly zjištěny následující texturně-parageneticke jednotky uspořádané zhruba podle vzrůstajícího stupně texturní diferenciace a geochemické frakcionace (obr. 3).

Hrubě zrnitý pegmatit tvoří nepravidelné partie a segregace v durchachitech. Velikost zrna kolem 1–2 cm je srovnatelná s okolním durbachitem, ale textura je poněkud odlišná – stupeň usměrnění minerálů bývá nižší než v okolním durbachitu a textura je pegmatoidní (v porovnání s okolním durbachitem chybí jemnozrnná matrix). Tato jednotka je složena hlavně z K-živce, množství křemene je poněkud vyšší než v durbachitu, dále je přítomen plagioklas a variabilní množství biotitu. Akcesoricky byly zjištěny hlavně allanit-(Ce), ilmenit, titanit, zirkon, dále amfibol a výjimečně i turmalín.



Obr. 3. Schématický řez euxenitovým pegmatitem ve Vladislavi a) a turmalínem bohatým pegmatitem v Pozďátkách b). a) okolní durbachit, b) granitická zóna, c) aplitická zóna, d) grafická zóna, e) blokový K-živec, f) hrubě sloupcovitý turmalín, g) nodulární turmalín, h) masivní křemen, i) kontakt někdy přechodného charakteru.

Fig. 3. Schematic cross section through a) euxenite pegmatite at Vladislav and b) tourmaline-rich pegmatite at Pozďátky. a) host durbachite, b) granitic zone, c) aplitic zone, d) graphic zone, e) blocky K-feldspar, f) coarse prismatic tourmaline, g) nodular tourmaline, h) massive quartz, i) contact locally transitional.

Granitická jednotka je složena z dominantního K-živce, dále křemene, plagioklasu a variabilního množství biotitu, akcesoricky byl zjištěn hlavně amfibol, allanit-(Ce) a zirkon. Velikost zrn je variabilní na jednotlivých lokalitách, ale většinou se pohybuje od 1–2 cm a je srovnatelná s okolním durbachitem. Tato jednotka tvoří více či méně mocnou souvislou zónu ve všech zonálních tělesech, mocnost zóny ale výrazně kolísá od 1 cm po 10–15 cm. Hrubě zrnitý pegmatit a granitická jednotka jsou si mineralogicky a zčásti i texturně blízké.

Grafická jednotka je složena hlavně z grafických srůstů K-živce a křemene, méně často také albitu a křemene, velikost zrna kolísá od 1 do 10 mm. Většinou jen v akcesorickém množství se objevuje biotit, někdy turmalín, který někdy graficky srůstá s křemenem, ilmenit a vzácně i Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy. Rozšíření grafické jednotky většinou není velké a na některých lokalitách zcela chybí, jen vzácně zaujímá podstatnou část pegmatitové žíly. Potom tvoří souvislé zóny většinou malé mocností do 5 cm nebo hnízda v blokovém K-živci několik cm až 2 dm velká, většinou ve více frakcionovaných tělesech. Výjimečně byly zjištěny grafické srůsty K-živce a křemene i v pegmatoidních segregacích (Čech 1957b).

Blokový K-živec je nejrozšířenější a objemově nejdůležitější jednotkou téměř ve všech zonálních pegmatitových tělesech, zcela chybí v pegmatoidních segregacích. Tato jednotka je složena především ze subhedrálních až euhedrálních krystalů nažloutlého, světle hnědého, šedého až světle zeleného K-živce o velikosti zrna 5 až 20 cm. Jako vedlejší minerál se objevuje vedle křemene hlavně ve vnějších částech jednotky také biotit. V blokovém K-živci se vyskytuje většina akcesorických minerálů: ilmenit, titanit, zirkon, turmalín, beryl, allanit-(Ce), Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy a řada dalších.

Blokový křemen se vyskytuje v jádru pegmatitových těles a většinou tvoří pouze matrix velkých krystalů K-živce, souvislá monominerální zóna je vzácná a její mocnost jen výjimečně dosahuje 2 dm a více. Křemen má šedou barvu, vzácněji je i narůžovělý (Třebíč-Terůvky). Akcesorické minerály jsou podobné jako v blokovém K-živci, ale koncentrují se především při kontaktu s K-živcem popř. albitem a jejich množství je výrazně nižší. Blokový křemen je typický pro více diferencovaná zonální tělesa, ale může být přítomen i v jednoduchých tělesech, zcela chybí v pegmatoidních segregacích.

Aplitická jednotka s velikostí zrna kolem 0,1–1 mm je složena hlavně z albitu, dále křemene, malého množství K-živce a akcesorických minerálů. Aplitická jednotka obsahuje drobně lupenitý biotit, popř. turmalínové nodule, v jejichž blízkém okolí biotit chybí. Někdy může být i bez turmalínu, ale pak se v ní biotit objevuje pouze ojediněle. Aplitická jednotka se vyskytuje jen na některých lokalitách jako nepravidelné partie až souvislé zóny o mocnosti až 5 dm. Aplitická jednotka je vždy asymetricky umístěna (pouze na jedné straně koncentricky zonální žíly) mezi granitickou zónou a blokovým K-živcem. Většinou bývá přítomna ve více diferencovaných zonálních tělesech a vzácně může objemově převládat nad ostatními jednotkami.

Albitická jednotka je přítomna pouze ve více frakcionovaných zonálních tělesech, v malém množství se ale albit objevuje i v méně diferencovaných pegmatitech s výjimkou pegmatoidních segregací. Středně zrnitý, světle žlutý až žlutohnědý, vzácně nazelenalý albit většinou zatlačuje blokový K-živec ale i K-živec z grafické jednotky. Právě na tento albit je vázáno největší množství Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidů. V pegmatitu u Kracovic se v albitické jednotce (světle zelený, jemnozrnný cukrovitý albit nebo světle zelený, drobně lupenitý cleavelandit) vyskytuje většina akcesorických minerálů, např. Li-slídy, elbait, kasiterit a hambergit.

Dutiny se v granitických NYF pegmatitech TP vyskytují jen zcela výjimečně, jsou drobné a dosahují objemu max. velikosti několik cm^2, pouze v jednom případě až 5×20 cm, Objevují se téměř výhradně v blokovém K-živci, popř. na jeho kontaktu s křemenem, zcela výjimečně v albitické jednotce a blokovém křemeni. Do dutin jsou vyvinuty krystalové plochy K-živce (někdy amazonitu) krystalů až 20 cm velkých (Kožichovice, Terůvky) a křemene, jen vzácně se objevují dokonale vyvinuté krystaly K-živce (kolem 5 cm), drobné krystaly albitu a zcela výjimečně i další minerály, např. fenakit, beryl, Sn-minerály, tinzenit a titanit. Nejmladší výplní drobných dutin zřídka bývají blíže nespecifikované jílové minerály a hydrooxidy železa.

Výše uvedené pořadí jednotlivých texturně-parageneticky jednotek zhruba odpovídá jejich postupnému objevování se v segregacích (*hrubě zrnitý pegmatit* a výjimečně také *grafická jednotka*) a ve více texturně diferencovaných a frakcionovaných zonálních pegmatitech (ostatní jednotky). Některé z nich jsou přítomny ve všech pegmatitových tělesech – *granitická jednotka* a *blokový K-živec*, jiné jsou méně běžné až velmi vzácné – *albitická jednotka* a *dutiny*.

Vedle texturně-parageneticky jednotek jsme věnovali zvláštní pozornost kontaktům zonálních pegmatitů a segregací s okolním durbachitem, i když jsou v terénu odkryty jen vzácně. Poněkud zjednodušeně lze vyčlenit tři odlišné typy kontaktů. (i) *Velmi pozvolný přechod*, kdy se durbachit postupně ochuzuje o tmavé minerály a přechází do živcem a křemenem bohaté zóny, která má podobnou velikost zrna jako okolní durbachit – *granitická jednotka* v zonálních tělesech nebo *hrubě zrnitý pegmatit* v segregacích. Tato přechodná zóna má mocnost zhruba 10–5 cm. (ii) *Pozvolný přechod*, kde má přechodná zóna mezi durbachitem a granitickou jednotkou v zonálních tělesech mocnost zhruba 1–3 cm. (iii) *Ostrý kontakt*, vnější granitická jednotka zonálního pegmatitu ostře sousedí s durbachitem. Problémem je ale to, že značná část kontaktů je tektonicky modifikována, a to v různých fázích vývoje pegmatitu od přechodu duktilní a křehké fáze až po jasně křehkou deformaci, a tím znesnadňuje studium kontaktních projevů. Nikdy nebyly pozorovány alterace durbachitu v okolí pegmatitových těles.

4.2. Texturně-paragenetické typy pegmatitových těles a pegmatoidních segregací

Na základě vnitřní stavby (zonálnosti), přítomnosti a rozmístění jednotlivých texturně-paragenetických jednotek můžeme vyčlenit následující texturně-paragenetické typy pegmatitových těles.

Pegmatoidní segregace a čočky

Téměř výhradně tvoří čočky a nepravidelné segregace až 0,5 m velké, s průměrnou velikostí zrna kolem 1–2 cm, a s přechodnými kontakty do okolních durbachitů. Pegmatit je složen z hrubě zrnitého pegmatitu, výjimečně je přítomna i grafická jednotka (K-živec + křemen). Akcesoricky se vyskytují amfibol, místy hojný titanit nebo allanit-(Ce), dále ilmenit a někdy turmalín (Čech 1957b, Škoda 2003), sporadicky je uváděn i sillimanit (Čech 1957b).

Zonální pegmatitové žíly

Tato početně nejčastější pegmatitová tělesa ve tvaru výrazně protáhlých žil až čoček. Skládají se z vnější granitické zóny, u jednoduchých typů následuje zóna blokového K-živce se zrny 5–20 cm velkými, která může být zčásti zatlačována albitem. Většinou jen vzácně je u jednoduchých typů přítomna také grafická jednotka popř. aplitická jednotka, situovaná asymetricky, většinou mezi granitickou a blokovou zónou, a křemenné jádro. U více diferencovaných typů bývají přítomny všechny vyčleněné texturně-paragenetické jednotky zonálních těles často jako samostatné zóny o mocnosti až několik dm. Typický je asymetrický vývoj zonálních těles a zóny aplitická a drobně blokového K-živce mohou mít i oscilační vývoj. Vzácně se v některých tělesech objevují drobné dutiny. Kontakt s okolním durbachitem může být pozvolný i ostrý, a to i v rámci jednoho pegmatitového tělesa. Akcesoricky jsou přítomny ilmenit, allanit-(Ce), Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy, zirkon, titanit a/nebo turmalín. Příklady idealizovaných řezů zonálními pegmatity jsou uvedeny na obr. 3.

Zonální pegmatitové žíly s výraznou albitizací

Dosud byla zjištěna pouze dvě pegmatitová tělesa s relativně silnou albitizací – ve velkých balvanech na lokalitě Klučov a pegmatitové žíly asi 50 cm mocné v Kožichovicích II (ústní sdělení A. Indráčka). V Klučově je vedle podřadně vyvinuté granitické zóny s allanitem-(Ce) rozšířená grafická zóna přecházející do blokové zóny, přičemž obě jsou silně albitizované. Bloková zóna je tvořena K-živcem, jehož šedobílé, místy světle zelené krystaly dosahují velikosti až 10 cm. Křemen je přítomen v menším množství. Lupenitý a lištovitý biotit dosahuje velikosti až 3 cm. Turmalín v blokové zóně krystalizuje ve formě černých silných sloupečkovitých krystalů a jejich srůstů. Poblíž přechodu z grafické do blokové zóny vytváří turmalín grafické srůsty s křemenem. V jejich blízkosti, v místech, kde je blokový K-živec silně albitizován, jsou krystaly turmalínu tenké a lištovité. V blokové zóně se objevuje také pozdní intergranulární turmalín, dále jsou akcesoricky přítomny vzácný allanit-(Ce), ilmenit, Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy, herzenbergit a zirkon, sekundární REE-apatit, stokesit, varlamoffit, kasiterit a tinzenit. Úlomky albitem bohatého pegmatitu z Kožichovic obsahovaly také hojný beryl (balvan pegmatitu o rozměru 30×30×10 cm S. Houzar).

Zonální pegmatitová žíla s výraznou albitizací a Li-mineralizací

V této oblasti byla zjištěna pouze jediná pegmatitová žíla s Li-minerály v Kracovicích u Třebíče (Houzar 1987). Podle Němce (1990) je uložena v grafitických rulách asi 300 m z. od kontaktu s TP. Němec (1990) uvádí, že asymetricky zonální pegmatit je asi 1 m mocný a směrem od podloží následují středně až hrubě zrnitý skorylový pegmatit, grafický pegmatit s biotitem a blokový pegmatit s albitem. Podle velkého bloku pegmatitu objeveného S. Houzarem se zdá, že těleso je pravděpodobně symetricky zonální a od okraje lze zjistit následující texturně-paragenetické jednotky známé i z jiných pegmatitů TP: hrubě zrnitá grani-

tická jednotka, grafická jednotka (obě s biotitem), blokový K-živec, malé křemenné jádro s hojným topazem a albitická jednotka (drobně zrnitý cukrovitý albit, lupenitý cleavelandit) většinou mezi grafickou a blokovou jednotkou nebo mezi blokovým K-živcem a křemenným jádrem. Aplitická jednotka nebyla pozorována. Vedle křemene, K-živce (místy amazonitového typu) a dvou texturních typů světle zeleného albitu (jemnozrnný cukrovitý a lupenitý cleavelandit) zde byly nalezeny až 2 cm velké lupeny biotitu, zinnwalditu a Fe-muskovitu v granitické a grafické jednotce, Mn-lepidolit až masutomilit tvoří až 5 cm velké světle růžové a bezbarvé lupeny a agregáty v asociaci s albitem a hnědozeleným až žlutozeleným elbaitem v centrálních partiích tělesa. Přítomen je velmi hojný topaz, spessartin v grafické i albitické jednotce, vzácný hambergit (Novák *et al.* 1998) a beryl. Dále se zde vyskytují také Y, REE, Nb, Ta-oxidy – fergusonit-(Y), samarskit-(Y), kalciosamarskit, yttropyrochlor, dále kasiterit, monazit-(Ce), xenotim-(Y), zirkon, wolframoixiolit, manganocolumbit, scheelit, löllingit, bavenit, bertrandit a fluorit.

S výjimkou nejvíce frakcionovaných typů pegmatitů z Klučova, Kožichovic II a Kracovic, je nejvíce variabilní texturně-paragenetický typ označovaný jako zonální pegmatitové žíly, a to vnitřní stavbou (obr. 3), mocností i mineralogickým složením. Tento typ je také nejrozšířenější. V tab. 1 jsou uvedeny minerály zjištěné v jednotlivých typech pegmatitů.

Tabulka 1. Přehled primárních minerálů z jednotlivých subtypů pegmatitů. + – velmi vzácné, ++ – řídké, +++ – běžné.

Table 1. Review of primary minerals from the individual pegmatite subtypes. + – very rare, ++ – scarce, +++ – common.

minerals	allanite-subtype	euxenite-subtype	Klučov	Kracovice
quartz	+++	+++	+++	+++
K-feldspar	+++	+++	+++	+++
amazonite		++	++	++
plagioclase	++	++	++	+
albite		++	+++	+++
biotite	+++	+++	+++	+++
muscovite				+
Li-micas				++
garnet				++
actinolite	++	+	?	
tourmaline	+	++	+++	+++
Li-tourmaline				++
tinzenite			+	
topaz				++
beryl		+		+
phenakite		+		
hambergite				+
titanite	++	++	+	
allanite-(Ce)	++	++	++	
zircon	+	++	++	++
ilmenite	++	++	++	?
rutile		+	+	+
niobian rutile		+	+	++
columbite		+		+
wolframoixiolite				+
aeschynite gr.		++	++	
samarskite gr.				++
fergusonite				+
monazite-(Ce)	+	+	?	++
xenotime-(Y)				+
cassiterite			+	+
scheelite				+
herzenbergite			+	

5. Mineralogická a petrogenetická typizace granitických pegmatitů TP

5.1. Mineralogická a petrogenetická klasifikace granitických pegmatitů

Granitické pegmatity jsou podle geneze, mineralogického složení a pozice v zemské kůře řazeny do několika tříd – abysální, muskovitové, muskovitové-vzácných prvků, vzácných prvků a miarolitické (Ercit 2004, Černý a Ercit 2005).

V závislosti na geochemické signatuře mateřské granitické horniny i pegmatitu jsou pegmatity třídy vzácných prvků klasifikovány do tří genetických skupin (anglicky family; Černý 1991):

LCT typické prvky – Li, Rb, Cs, Be, Sn, Zr, Hf, W, Ga, Ta > Nb, F, B, P
NYF typické prvky – Nb > Ta, Ti, Be, Y, Sc, REE, Zr, U, Th, F

Mixed – nese společné geochemické rysy jak LCT a tak NYF skupin, s více či méně výraznou převahou jedné z nich. Pegmatity patřící do této skupiny jsou vzácné a většinou nejsou spo-

Tabulka 2. Klasifikace NYF pegmatitů (WISE 1999).
Table 2. Classification of NYF pegmatites (WISE 1999).

TYPE	SUBTYPE	ACCESSORY MINERALS	GEOCHEMICAL SIGN.	EXAMPLES
		PERALKALINE		
fayalite		magnetite, (hematite, ilmenite, epidote, titanite, allanite)	Fe, (Ti, Ca)	Sawtooth batholith, Idaho Strzegom-Sobotka, Poland
amphibole	aegirine-arfvedsonite	fluorite, allanite, zircon, (columbite, fergusonite, monazite, pyrochlore)	Na, Fe, Zr, F (± Ti, REE, Nb)	Zomba, Malawi Strange Lake Complex, Quebec Stettin Complex, Wisconsin
	riebeckite	zircon, fluorite, (magnetite, rutile, ilmenite, monazite, columbite, pyrochlore)		Mt. Rosa [St Peter's Dome], Colorado Quincy, Massachussetts Hurricane Mtn., New Hampshire
	allanite	zircon, (beryl, apatite)		Pacoima Canyon, California
		METALUMINOUS		
allanite	allanite	(fluorite, magnetite, monazite, zircon, ilmenite, rutile)	LREE (± Ti, Zr, F)	South Platte (south), Colorado Red Rock, Nevada
	euxenite (polycrase)	monazite, zircon, xenotime, ilmenite, (fergusonite, aeschynite, rutile, tourmaline)	LREE - HREE Nb > Ta, Ti, Zr, Y, P	Trout Creek, Colorado Gloserheia, Norway West Portland, Quebec
	gadolinite	fergusonite, xenotime, samarskite, zircon, (euxenite, ilmenite, rutile, magnetite, fluorite)	Y + HREE, Be, Nb > Ta, Ti, Zr, P, (F)	South platte (north), Colorado Pyoronmaa, Finland Ytterby, Sweden
		PERALUMINOUS		
beryl	beryl	zinnwaldite, spessartine, fluorite, hematite, muscovite	Be (Li, F)	Mt. Antero, Colorado Sawtooth batholith, Idaho
	tourmaline	topaz, lepidolite, fluorite, danburite, hambergite	Be, B, Li, F	Leduc, Quebec Malkhanski, Transbajkal Russia
	topaz	muscovite, monazite, euxenite, fluorite, columbite, zinnwaldite, (phenakite, lepidolite, schorl, zircon, allanite, cassiterite)	Be, F (± B, Li)	Luumliki, Finland Klein Spitzkopje, Namibia Høydalen, Tørdal, Norway Volhynia, Ukraine Rutherford-Herbb#2, Virginia
phenakite		muscovite, fluorite, (topaz, beryl, bertrandite, ilmenite, zircon)	Be, F	Pikes Peak, Colorado S. Baldface Mtn., New Hampshire
topaz		zinnwaldite, muscovite, fluorite, hematite, spessartine, cassiterite	F, (Be, Li, Sn)	Mt. Antero, Colorado Sawtooth batholith, Idaho
fluorite		calcite, hematite	F	Khantau massif, Kazachstan

lehlivě zařaditelné (ČERNÝ 1991, 2000, ČERNÝ a ERCIT 2005). WISE (1999) řadí ve své klasifikaci NYF pegmatitů tuto skupinu do tzv. peraluminických NYF pegmatitů, které dále na základě vyskytujících se minerálů detailně člení na několik typů a subtypů (viz. tab. 2).

Toto členění je příliš detailní a v praxi těžko použitelné.

Přítomnost REE-minerálů, úzký vztah k I-typovému granitu a jejich geologická pozice ukazují, že studované pegmatity patří do třídy vzácných prvků, podtřídy vzácných zemin, typ vzácných zemin. Podle stupně frakcionace je můžeme rozdělit do tří subtypů a členění pegmatitů je uvedeno v tab. 2. Protože jsou v TP vyvinuty téměř výhradně metaluminické pegmatity (peraluminické jsou zastoupeny pouze lokalitou Kracovice) a zcela zde chybí alkalické pegmatity ve smyslu WISE (1999), byla použita klasifikace ČERNÉHO a ERCITA (2005).

5.2. Typizace granitických pegmatitů TP

Podle minerálních asociací a stupně geochemické frakcionace lze vyčlenit následující mineralogické a texturně-paragenetické typy pegmatitů (srovnej WISE 1999, ČERNÝ a ERCIT 2005, NOVÁK 2005), které se liší mineralogickým složením i vnitřní stavbou.

Allanitový subtyp

Jednoduché pegmatoidní segregace s akcesorickým allanitem a/nebo titanitem odpovídají svojí minerální asociací velmi dobře tomuto nejprimitivnějšímu subtypu metaaluminických vzácno-zeminových typů pegmatitů. Některé primitivní zonální pegmatity s allanitem-(Ce) a popř. i s dalšími akcesorickými minerály (např. ilmenit, titanit, zirkon) a někdy také s turmalínem, ve kterých ale nebyly zjištěny Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy, také odpovídají allanitovému subtypu.

Euxenitový subtyp

Přítomnost Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidů (především minerály skupiny aeschynitu a euxenitu) a řady dalších akcesorických minerálů (např. beryl, fenakit, minerály skupiny pyrochloru, niobový rutil) ve velké části zonálních pegmatitů ukazují, že jde ve srovnání s výše uvedenými allanitovými pegmatity o více frakcionovaný euxenitový subtyp typu vzácných zemin. Patří k němu všechna více diferencovaná zonální tělesa, kde byly Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidů zjištěny, i když někdy jen ve velmi malém množství. V těchto pegmatitech se také vyskytuje častěji zelený amazonit. Většina euxenitových pegmatitů leží v oblasti Třebíč-Vladislav.

Velká část pegmatitů TP obsahuje místy poměrně hojný turmalín. Většinou vzácný je v primitivních allanitových pegmatitech (včetně segregací), ale častý je v nízce frakcionovaných a především ve více frakcionovaných euxenitových pegmatitech (např. Klučov), na druhé straně zcela chybí v dalším silně albitizovaném euxenitovém pegmatitu s berylem Kožichovice II. Další texturní i parageneticke znaky těchto turmalínem bohatých pegmatitů jsou velmi podobné allanitovým i euxenitovým pegmatitům, které turmalín neobsahují. Typickou slídou je biotit, chybí v nich primární muskovit, vyskytuje se zde světle zelený K-živec amazonitového typu, pegmatity obsahují stejné texturně-parageneticke jednotky a mají přechodné kontakty s okolním durbachitem. V některých pegmatitech s hojným turmalínem dokonce dosud žádné Y, REE-minerály zjištěny nebyly. Pegmatity s hojným turmalínem a bez REE-minerálů tedy představují velmi neobvyklý subtyp NYF pegmatitů zatím nikde nepopsaný. Tyto pegmatity si proto stejně jako jejich turmalín zaslouží detailnější pozornost.

V pegmatitech TP dosud nebyl zjištěn gadolinit, i když byla zvýšená aktivita Be prokázána přítomností berylu a fenakitu na několika lokalitách. Podobně nebyly v euxenitových pegmatitech zjištěny další Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy jako jsou minerály ze skupiny fergusonitu nebo samarskitu. Pegmatity patřící k nejvíce frakcionovanému pegmatitovému typu vzácných zemin – gadolinitovému subtypu zřejmě v oblasti TP chybí.

Zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kracovic

Velmi specifický je pegmatit z Kracovic u Třebíče (Němec 1990, Novák *et al.* 1999, Novák 2000, Škoda 2003). Je velmi pravděpodobné, že je geneticky příbuzný pegmatitům vzácných zemin TP, protože jeho výskyt leží při jeho těsném z. okraji ve směrném pokračování pásu euxenitových pegmatitů mezi Vladislaví a Třebíčí. Přítomnost Y, REE-minerálů (fergusonit-(Y), samarskit-(Y), kalciosamarskit, yttropyrochlor, monazit-(Ce), xenotim-(Y) a Y-bohatý spessartin) indikuje značnou afinitu k NYF pegmatitům, i přes silně peraluminické složení dokumentované minerály typickými pro LCT pegmatity (elbait, topaz, lepidolit). Zajímavá je také úplná absence primárního apatitu a také velmi nízké obsahy P_2O_5 v živcích. Podle klasifikace Černého a Ercita (2005) spadá tento pegmatit do tzv. „Mixed“ skupiny. Použijeme-li klasifikaci podle Wise (1999), patří tento pegmatit k peraluminickým NYF pegmatitům berylového typu a topazového nebo turmalínového subtypu, popř. jde o zcela samostatný subtyp (srovnej tab. 1, 2).

5.3. Další granitické pegmatity uložené v durbachitech TP

Vedle výše uvedených NYF pegmatitů, které jsou geneticky svázány s durbachity a které jsou objektem našeho studia, pronikají TP i pegmatity, které velmi pravděpodobně

k durbachitům žádný genetický vztah nemají. Při okraji TP proniká drobnozrnnými durbachity (nebo šedé a perlové ruly) pegmatit s granátem a andalusitem u Hlouchova mlýna v Třebíči-Libušino údolí (DVORSKÝ 1898). Z Třebíče-Týna je známo několik pegmatitových žil s vyvinutou blokovou zónou (velikost zrna 8–15 cm) tvořenou bílým křemenem, lupeny muskovitu, nažloutlým ortoklasem a vzácnými krystalky apatitu o velikosti 1–2 mm (NĚMEC 1946). Další dva typy těchto pegmatitů popisuje ČECH (1957b) z oblasti Chlumku. V prvé řadě jde o zonální žílu s hojným turmalínem, muskovitem, apatitem, columbitem (NOVÁK a ČECH 1995) a granátem a s ostrým kontaktem s okolním durbachitem. Je zřejmě příbuzná LCT pegmatitům vyskytujícím se v oblasti strážeckého moldanubika. Druhá žíla z Chlumku obsahuje hojný turmalín místy s drobnými dutinami a má ostrý kontakt s okolím. Pravděpodobně je příbuzná žilám turmalinických granitů vyskytujícím se v TP především při jeho sv. okraji např. na lokalitách Pavlínov, Lavičky, Uhřínov aj. (BURIÁNEK 2003). U Pavlínova se vyskytuje v durbachitu až několik metrů mocná žíla pegmatitu, tvořená několika zónami (granitická, bloková), lokálně s narůžovělým křemenem a s několika texturními typy turmalínu včetně stébelnatých agregátů až 20 cm dlouhých. Pegmatity s turmalínem a ostrými kontakty se vyskytují také v Třebíči (Janův mlýn) a velmi pravděpodobně jsou příbuzné turmalínovým pegmatitům z okolních moldanubických metamorfitů.

Otázkou zůstává vztah některých pegmatitových žil v třebíčském plutonu k aplitům a k ametyst-křemenným žilám (Bochovice, Hostákov). Ametyst vázaný na pegmatitovou žílu u hráze Valdíkovského rybníka zmiňuje např. NĚMEC (1946). Okolní horninou je skutečně hrubozrnná hornina tvořená červeně zbarveným draselným živcem, křemenem a malým množstvím amfibolu, připomínající výše zmíněné felsické partie v durbachitu (viz. kapitola 2.). Nejde však o pegmatit, ale o produkt hydrotermální přeměny durbachitu (rozklad biotitu, prokřemenění, hematitizace) durbachitu bez vztahu k pegmatitům. K NYF pegmatitům TP nemají žádný vztah ani žíly aplitů známé hlavně z okolí Třebíče, Trnavy a Velkého Meziříčí; mají ostré kontakty a většinou jsou zřetelně mladší (BUBENÍČEK 1968).

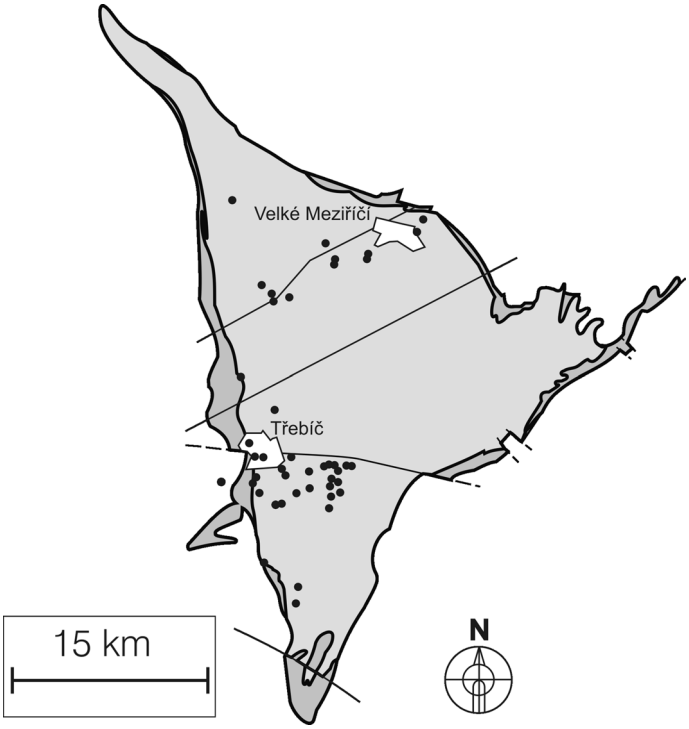
6. Regionální rozšíření granitických NYF pegmatitů v TP a přehled nejdůležitějších lokalit

Granitické pegmatity jsou známy z celého území, avšak jejich množství je velmi odlišné. Plochý reliéf TP, který je navíc často zakrytý terciérními a zvláště kvartérními sedimenty, výrazně omezuje možnost nálezu přirozených výchozů. Kvalitní výchozy pegmatitových těles s dobře odkrytou zonálností a kontaktem jsou vzácné (Vladislav, Oslavice) nebo jen příležitostné (Kožichovice, Třebíč-Terůvky). Většina studovaných vzorků granitických pegmatitů pochází proto z polí a z agrárních hald. Poměrně často se ale na nich vyskytují balvany pegmatitů o velikosti 0,5 až 3 m^3, které zachytily téměř kompletní zonálnost pegmatitových těles a někdy i kontakt s okolním durbachitem.

Naprostá většina mineralogicky zajímavých granitických pegmatitů se vyskytuje v oblasti Třebíč-Vladislav. Méně významná je oblast Velké Meziříčí-Bochovice a další lokality leží v oblasti Boňov-Ratibořice a v okolí Chlumku. Jsou ale mnohem méně významné, a to jak množstvím pegmatitových žil, tak i jejich mineralizací (obr. 4). S ohledem na relativně malou prozkoumanost některých částí TP a malé množství přírodních odkryvů je pravděpodobné, že mohou být objeveny ještě další lokality pegmatitů se vzácnější mineralizací mimo tyto oblasti, nebo se některé oblasti propojí. Nápadné soustředění významnějších NYF pegmatitů do oblasti mezi Třebíčí a Vladislaví však zůstává mimo jakoukoliv pochybnost.

6.1. Oblast Třebíč-Vladislav

Uvedená oblast představuje z hlediska pegmatitů dosud neprostudovanější část třebíčského masivu. Pegmatity jsou tu soustředěny zejména do okolí Třebíče, Pozďátek a Vla-



Obr. 4. Schématická geologická mapa TP s lokalitami NYF pegmatitů.
Fig. 4. Schematic geological map of TP with localities of NYF pegmatites.

dislavi a leží až na nepatrné výjimky při s. okraji boňovského segmentu mezi třebíčským a klučovským zlomem ve směru Z–V (obr. 5). Všechny pegmatity jsou uloženy v hrubě porfyrických durbachitech; ve směrném pokračování pruhu euxenitových pegmatitů mezi Vladislaví a Třebíčí se nachází v prostoru exokontaktu specifický zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kracovic u Třebíče geneticky příbuzný pegmatitům vzácných zemin TP (Němec 1990, Novák *et al.* 1999, Škoda 2003).

Kracovice (Krc)

Zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit se světle zeleným K-živcem a topazem leží v polích asi 200 m s. od obce a po nálezu volného balvanu o velikosti 0,5 m^3 v r. 1986 (Houzar 1987) byl později odkryt průzkumnou rýhou (Němec 1990). Úlomky pegmatitů allanitového subtypu a primitivní pegmatity pravděpodobně euxenitového subtypu bez turmalínu a Y, REE, Nb, Ta, Ti-minerálů se zřídka vyskytují také v polích podél polní cesty vedoucí směrem od Kracovic k Třebíčí-Terůvkám.

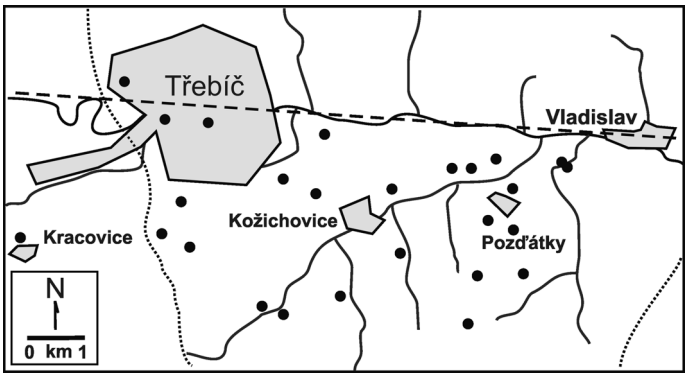
Třebíč (Trb, Ter)

Pegmatity allanitového a vzácněji i euxenitového subtypu bývají příležitostně odkryty přímo v městě Třebíči a jsou relativně hojné především na J od třebíčského zlomu, zde zvýrazněného tokem řeky Jihlavy.

Na S od třebíčského zlomu (tasovský segment TP) jsou nálezy žil pegmatitů zcela výjimečné a většinou nedostatečně zdokumentované (ústní sdělení M. Dosbaby, F. Peštála a P. Škrdly). Několik žil pravděpodobně euxenitového subtypu s titanitem, bylo zjištěno na s. okraji města při stavbě sídliště Nové Domky. Také při stavbě v Lipové ulici č. 36 (Podklášteří) byla obnažena pegmatitová žíla s niobovým rutilem, mikroskopickým monazitem a hnědočervenými zrny aeschynitu (ústní sdělení P. Škrdly). Ojedinělé výskyty pegmatitů

euxenitového typu na S od třebíčského zlomu mohou také naznačovat vzácné nálezy úlomků nazelenalého K-živce (amazonitu) u Okřešic a Pocoucova.

Přímo ve středu města byly v zářezu silnice zjištěny pouze pegmatity allanitového subtypu. Při j. okraji města v zahrádkářské kolonii (Vídeňský rybník) u polikliniky byla odkryta asi 0,5 m mocná Z–V žíla pegmatitu dlouhá několik m. Převládala bloková zóna tvořená šedým křemenem a zeleným amazonitem, se zrny bílého albitu a místy s turmalínem. Při okrajích byla vyvinuta písmenková zóna, hlavně však granitická jednotka s biotitem. Z míst ležících asi 300 m jižněji zvaných „Na Kamínkách" byl popsán vzorek fenakitu v dutině draselného živce (STANĚK 1973), z Terůvek (v této trati jz. od města je několik drobných žil) pocházel amazonit s ojedinělým fenakitem. Vyskytují se zde pegmatity se zirkonem a ilmenitem („Heralecký kopeček"), Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy jsou zde ale velmi vzácné.



Obr. 5. Schématická mapa oblasti Třebíč-Vladislav s lokalitami NYF pegmatitů, okraj TP tečkovaně.
Fig. 5. Schematic map of the Třebíč-Vladislav region with localities of NYF pegmatites, border of the TP dotted.

Střítež

Pegmatit bohatý allanitem (sloupečkovité krystaly až 1 cm) se hojně vyskytoval v příležitostných výchozech při úpravě silnice do Klučova, nedaleko kostelíka sv. Marka, v 30. letech 20. století. Na polích byly také nedávno zjištěny i ojedinělé úlomky pegmatitů s amazonitem (ústní sdělení M. Vokáče).

Kožichovice – Dobrá Voda (Koz, Koz I, Koz II)

Na katastru obce Kožichovice se pegmatity vyskytují na několika místech, a to jak hnízda primitivnějších allanitových pegmatitů, tak i vyvinutější, koncentricky zonální žíly euxenitových pegmatitů, někdy s berylem. Pegmatitová žíla s berylem, ilmenitem a turmalínem Kožichovice I byla odkryta koncem 70. let také zářezem silnice j. od obce (sběr J. Pelz). Mineralogicky nejvýznamnější pegmatitové žíly označené jako Kožichovice II vycházejí v polích podél polní cesty vedoucí z Kožichovic do Dobré Vody. Silně albitizované žíly směru přibližně V–Z a ZSZ–VJV s berylem s velkým množstvím akcesorických minerálů, byly nalezeny na poli, zejména však v melioračních rýhách situovaných u odbočky polní cesty do Dobré Vody „U Křížku" směrem od obce otevřených v 70. letech minulého století. (ústní sdělení A. Indráčka). Z těchto míst pocházejí nedokonalé krystaly amazonitu až přes 10 cm velké, poměrně hojný beryl, minerály aeschynitové skupiny, titanit, ilmenit a zirkon, turmalín ale zcela chybí. Méně významný je např. výskyt amazonitu v blokové zóně pegmatitu s turmalínem na Krochotech, případně výskyty malých žil pegmatitů ve výchozech ve stráních nad při pravým břehem Jihlavy a v příčně orientovaných údolích. V polích na Z od obce byly nalezeny pegmatity s ojedinělými dutinami s krystaly K-živce.

Pozďátky – Okrašovice (Poz)

Pegmatity se vyskytují na polích z. a sz. od obcí a jsou pokračováním žilného pásma pegmatitů od Kožichovic. Většinou jsou uváděny pod lokalitou Pozďátky, ale část z nich

leží na katastru obce Okrašovice, příp. i Vladislavi a Střížova. V polích j. a jz. od Pozďátek vychází několik pegmatitových žil o mocnosti do 1 m. Při zemědělské činnosti byly úlomky a bloky těchto pegmatitů až 2 m velké svezeny do nedalekých remízků nebo byly použity při zpevnění polních cest. Lze tu rozlišit dva typy pegmatitů: velmi hojné žíly s turmalínem a méně časté žíly chudé turmalínem nebo bez turmalínu, někdy s titanitem. Většina pegmatitů patří k euxenitovému subtypu, více i méně albitizovanému a frakcionovanému, byl zde zjištěn také beryl.

Klučov (Klu, Klu I)

Blízko silnice, vedoucí z Pozďátek do Klučova, u křižovatky s hlavní silnicí Třebíč – Dukovany je po pravé straně protáhlá halda kamení, která je z velké části složena z úlomků pegmatitů svezených z okolních polí a pocházejících převážně z v. pokračování výše zmíněného žilného pásma. Většina pegmatitů patří euxenitovému subtypu, velmi často se zde objevují také turmalínem bohaté pegmatity. Byly zde nalezeny velké balvany více frakcionovaného euxenitového pegmatitu se silnou albitizací a Sn-minerály (Klu I).

Vladislav-Pazderníkův mlýn (Vla)

Hluboce zaříznuté údolí Střížovského potoka představuje jedny z nejlépe odkrytých pegmatitů v oblasti TP. Několik pegmatitových těles vychází v příkrých stráních nad levým i pravým břehem Střížovského potoka asi 1,5 km zjz. od obce Vladislav v blízkosti Pazderníkova mlýna. Většina pegmatitů patří k více či méně frakciovanému euxenitovému subtypu. Hojné jsou allanit-(Ce), titanit, zirkon, ilmenit a také Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy. Typická je nepřítomnost amazonitu.

6.2. Oblast Boňov – Ratibořice

Pegmatity v této oblasti leží na J od výčapského zlomu (BOUČEK *et al.* 1988) a o jejich geologické pozici a mineralogii je známo jen velmi málo. Pegmatity se vyskytují např. v. od Ratibořic směrem k Boňovu poblíž rybníka jako hojné úlomky, které jsou bohaté turmalínem, vzácně byl zjištěn allanit-(Ce) a titanit. Ve výchozech byly vzácně nalezeny také hrubozrnné živcové segregace s turmalínem. Z okolních polí pocházejí zejména pegmatity allanitového subtypu, euxenitovému subtypu se zatím nejvíce blíží blokový pegmatit s titanitem v křemeni (sbíral P. Škrdla). Z okolí Boňova pocházejí úlomky pegmatitů s amazonitem, uložené ve sbírkách MZM v Brně a uváděné už KOLENATIM (1854).

6.3. Oblast Velké Meziříčí – Bochovice

Tato oblast je situována podél s. okraje hroznatínského segmentu zhruba podél bochovického zlomu, část lokalit leží i s. od zlomu. Je zde řada kvalitních výchozů zonálních pegmatitů obvykle bez turmalínu, většinou subhorizontálně uložených. Mají mocnost většinou kolem 20 cm výjimečně i přes 0,5 m. Kromě Bochovic, mineralogicky významné pegmatity jsou velmi vzácné, resp. údaje o jejich lokalitách prakticky chybějí.

Velké Meziříčí

Pegmatity se vyskytují na více místech v okolí obce. Velké balvany durbachitů v blízkosti restaurace McDonald's obsahují pegmatitové segregace, místy s turmalínem. Pegmatity s allanitem jsou známy s Fajtova kopce sv. od Velkého Meziříčí. Primitivní zonální pegmatity leží i při silnici z Velkého Meziříčí do Třebíče.

Oslavice

Nejlépe odkryté a pro další výzkumy geologické pozice pegmatitů i mineralogie jsou v této části TP nejvhodnější pegmatity odkyté nedávno v čerstvých zářezech nově budované silnice Velké Meziříčí – Třebíč jz. od obce Oslavice poblíž železniční zastávky. Subhorizontálně uložené, zonální pegmatitové žíly pronikají v hrubozrnné durbachity a jsou až 0,5 m mocné a několik desítek m dlouhé. Jsou pro ně typické drobné dutiny, vyvinuté

na styku blokového K-živce a křemenného jádra s hnědými krystaly titanitu, a dále absence turmalínu. Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy, zirkon, beryl a další akcesorické minerály zde dosud nalezeny nebyly.

Baliny

Při z. okraji obce (poblíž pily) se vyskytují žíly primitivních zonálních pegmatitů a také výchozy durbachitů s felzickými partiemi s allanitem a aktinolitem.

Uhřínov

Výchozy zonálních pegmatitů až 1 m mocné, většinou subhorizontálně uložené, se hojně objevují v zářezu silnice Uhřínov – Velké Meziříčí, zhruba 100 až 300 m v. od Uhřínova. Pegmatity se vyskytují také při silnici Uhřínov – Velké Meziříčí.

Bochovice (Boch)

Na polích z. od Bochovic a v prostoru mezi Hroznatínem a Žákovým mlýnem lze vysledovat značné množství drobných zonálních pegmatitových žil, jak allanitového, tak i euxenitového subtypu s aeschynitem a ilmenitem. Jejich úlomky pocházejí hlavně z agrárních hald.

6.4. Chlumek u Měřína

Poměrně izolovaná je lokalita *Chlumek u Měřína* (Chlu).Vzorky pegmatitů pochází z polí a z výkopu studně u obce. Byly sbírány a popsány Čechem (1957b) a nyní jsou uloženy v depozitáři Moravského zemského muzea. Jsou zde známy pegmatity allanitového i euxenitového subtypu, Čech (1957b) popsal z Chlumku také pegmatity, které nejsou geneticky vázány na TP a které jsou detailně zmíněny v kapitole 4.3. Nelze vyloučit, že další výzkum propojí poměrně izolovanou lokalitu Chlumek a oblast Velké Meziříčí – Bochovice.

7. Mineralogie

7.1. Hlavní a vedlejší minerály

Křemen

Křemen je přítomen jako podstatný až podřadný minerál ve všech texturně-paragenetických jednotkách jednotlivých pegmatitových těles. Drobně blokový křemen má většinou šedobílou barvu, záhnědovitý křemen je vzácný. Je masivní, v dutinách jsou vyvinuty pouze prizmatické popř. romboedrické plochy, dokonale vyvinuté krystaly jsou ojedinělé.

K-živce

K-živce jsou podstatnou součástí granitické jednotky, grafického pegmatitu, v blokové zóně tvoří subhedrální často až euhedrální krystaly 5–20 cm velké někdy uzavřené v masivním křemeni křemenného jádra. V dutinách jsou podobně jako u křemene jen ojediněle vyvinuty dokonalé krystaly. Zelené K-živce amazonitového typu se objevují jen vzácně v dutinách nebo poblíž křemenného jádra. Ve výbruse bývají K-živce perthitické popř. obsahují nepravidelné inkluze albitu.

Chemismus K-živců z euxenitových pegmatitů byl studován pomocí elektronové mikrosondy. K-živce jsou blízké teoretickému složení, obsahy Rb_2O, Cs_2O, CaO, BaO, SrO, PbO a Ga_2O_3 jsou většinou pod mezí detekce (kolem 0,05 hm. %), výjimečně byly zjištěny zvýšené obsahy Ba (≤ 0,95 hm. % BaO, 0,15 apfu) a Sr (≤ 0,14 hm. % SrO). Poměrně nízké jsou také obsahy a Na_2O (výjimečně až 1,71, běžně kolem 1 hm. %), zajímavé jsou velmi nízké obsahy P_2O_5 (pod 0,05 hm. %); živce z granitických pegmatitů zcela běžně obsahují kolem 0,5 hm. % P_2O_5 (London *et al.* 1990, London 1992). K-živce nebyly studovány pomocí RTG metod, takže neznáme stupeň jejich uspořádanosti.

Plagioklasy

Albit je přítomen téměř ve všech texturně-paragenetických jednotkách zonálních euxenitových pegmatitů, v pegmatoidních segregacích chybí. Vzácný je v granitické jednotce, kde je mnohem hojnější oligoklas, albit se občas vyskytuje v grafických srůstech K-živce a křemene, ale v některých partiích grafické jednotky jsou hojné srůsty albitu a křemene. Hojný je v albitické jednotce jako středně zrnité, lupenité agregáty, vyskytuje se také v aplitické a blokové jednotce a vzácně i v drobných dutinách, běžný je v podobě v perthitů a inkluzí v K-živci. Barva albitu je nejčastěji šedobílá až nažloutlá, někdy je slabě nazelenalý (Klučov). V pegmatitu v Kracovicích je albit velmi hojný jako světle zelený jemnozrnný cukrovitý albit nebo světle zelený drobně lupenitý cleavelandit. Oligoklas je převládajícím živcem v hrubě zrnitých pegmatoidních segregacích, dále se vyskytuje v okrajové granitické jednotce pegmatitů euxenitového subtypu.

Chemismus plagioklasů (z euxenitových pegmatitů a z Kracovic) byl studován pomocí elektronové mikrosondy. Obsahy Rb_2O, Cs_2O, SrO, BaO, PbO, Ga_2O_3 jsou většinou pod mezí detekce (kolem 0,05 hm. %), zajímavé jsou opět velmi nízké obsahy P_2O_5 (pod 0,05 hm. %). Obsah anortitové komponenty v albitech kolísá v celém rozsahu $Ab_{100-90}An_{10-0}$, většinou je ale velmi nízký pod An_5, v oligoklasu kolísá v rozpětí $Ab_{87-82}An_{18-13}$.

Skupina slíd

Slídy jsou zastoupené v allanitových a euxenitových pegmatitech především biotitem (flogopit a méně častý annit). V pegmatitu z Kracovic byly zjištěny také Li-biotit, Mg-zinnwaldit, zinnwaldit, Fe-muskovit, Mn-bohatý lepidolit až masutomilit. V allanitových a euxenitových pegmatitech zcela chybí primární muskovit, sekudární muskovit vzniklý po K-živci je vzácný.

Biotit (flogopit až annit)

Biotit je jedinou slídou pegmatoidních segregací, běžně se objevuje se v okrajové granitické jednotce zonálních pegmatitů allanitového a euxenitového subtypu, ale občas také v blokové jednotce, popř. v aplitické a grafické jednotce. V zonálních tělesech tvoří dva hlavní texturní a paragenetické typy, drobné lupeny několik mm velké v granitické jednotce, a lupeny a lišty o velikosti až 5 cm většinou v jemnozrnnějších partiích blokové zóny, vzácný je v aplitické jednotce, nebyl pozorován v masivním křemeni.

Chemické složení biotitu bylo studováno pouze v euxenitových pegmatitech z Vladislavi a Pozďátek a z pegmatitu od Kracovic. Odpovídá převážně flogopitu, biotit s výraznou převahou Fe nad Mg byl zjištěn pouze v Kracovicích. Typickým znakem biotitu z euxenitových pegmatitů je vysoký obsah Ti (≤ 3,73 hm. %, 0,22 apfu), nízký obsah Al (1,16–1,24 apfu) a nepřítomnost F. Poměr Fe/(Fe + Mg) kolísá od 0,30–0,32 ve Vladislavi do 0,50–0,51 v Pozďátkách. Chemické složení biotitu z Kracovic odpovídá zhruba annitu s vysokým podílem Li-slídy. Má vysoký obsah TiO_2 (≤ 3,49 hm. %, 0,21 apfu) a ve srovnání s biotity z euxenitových pegmatitů také vysoký poměr Fe/(Fe + Mg) = 0,78 (Němec 1990). Biotit z granitické a blokové jednotky z pegmatitu ve Vladislavi se chemicky téměř neliší.

Muskovit

Vzácně se vyskytuje drobně lupenitý sekundární muskovit vznikající alterací blokového K-živce v zonálních žilách allanitových i euxenitových pegmatitů. Ojedinělý je primární muskovit, který byl nalezen pouze v Kracovicích. Zde tvoří vzácné lupenité šedobílé agregáty srůstající s biotitem a Mg-bohatým zinnwalditem. Je pro něj typický vysoký obsah Fe (0,41 apfu), Mg (0,28 apfu) a Si (3,24 apfu), zvýšené množství Mn (0,06 apfu) a F (0,33 apfu), pravděpodobně obsahuje i Li_2O (odhadem až kolem 3 hm. %).

Li-slídy

Byly zjištěny pouze v pegmatitu z Kracovic a jsou zde poměrně hojné. Můžeme vyčlenit následující texturně-paragenetické typy (srovnej Němec 1990). (i) Mg-bohatý

Tabulka 3. Reprezentativní analýz slíd. +Analýzy provedené mokrou cestou (NĚMEC 1990). *Do mikrosondových analýz byly doplněny obsahy Li_2O podle NĚMCE (1990). Krystalochemické vzorce slíd byly počítány normalizací na 12 anionů. phl – flogopit, ann – annit, msc – muskovit, zin – zinnwaldit, mas – masutomilit, lpd – lepidolit.

Table 3. Representative analyses of micas. +Wet method analysis (NĚMEC 1990) * For electron microprobe analyses the contents of Li_2O was taken from NĚMEC (1990). Formulae were normalized on 12 anions. phl – phlogopite, ann – annite, msc – muscovite, zin – zinnwaldite, mas – masutomilite, lpd – lepidolite.

	phl Vla gr	phl Vla bl	ann Poz	msc Kra	msc Kra	zin Kra	zin Kra	mas+ Kra	mas Kra	lpd+ Kra	lpd Kra
SiO_2	38,79	39,37	36,58	45,17	44,85	39,17	41,15	49,47	48,44	50,77	53,29
TiO_2	2,82	2,93	3,75	0,42	0,39	0,54	0,58	0,18	0,14	0,18	0,10
Al_2O_3	13,67	13,43	13,48	26,31	26,09	19,34	20,93	19,94	20,33	19,07	18,74
Sc_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,02	0,02	na	na	na	na
Cr_2O_3	0,21	0,01	0,00	na	na	na	na	na	na	na	na
FeO	13,27	13,44	19,84	5,60	6,78	13,79	12,93	2,20	2,96	2,45	2,06
MnO	0,19	0,19	0,65	0,75	0,94	1,53	1,42	5,16	6,17	3,68	3,39
MgO	15,60	16,09	11,09	2,43	2,59	3,27	3,20	0,09	0,16	0,11	0,13
ZnO	na	na	na	0,08	0,07	0,05	0,12	0,00	0,12	0,00	0,08
BaO	0,00	0,00	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,38	0,00	0,12	0,00
Na_2O	0,18	0,10	0,10	0,14	0,09	0,11	0,21	0,21	0,21	0,18	0,15
K_2O	9,38	9,31	8,95	10,41	10,34	9,33	9,90	10,17	10,29	10,29	10,47
Rb_2O	0,00	0,00	0,00	0,50	0,52	0,88	0,86	0,00	1,01	0,00	0,95
Cs_2O	na	na	na	0,01	0,03	0,12	0,12	0,00	0,20	0,00	0,42
Li_2O	na	na	na	na	na	na	na	5,16	*5,06	5,57	*5,57
F	0,00	0,00	0,00	1,47	1,33	3,55	3,69	6,10	7,17	5,85	7,35
H_2O*	4,01	4,04	3,87	3,49	3,56	2,06	2,17	1,42	0,92	1,56	0,96
-O=F	0,00	0,00	0,00	-0,62	-0,56	-1,49	-1,55	-2,57	-3,02	-2,46	-3,09
TOTAL	98,17	98,91	98,37	96,27	97,08	92,28	95,76	97,91	100,18	97,36	100,57
Si^{4+}	2,903	2,920	2,831	3,236	3,210	3,134	3,146	3,438	3,364	3,514	3,593
Ti^{4+}	0,159	0,163	0,218	0,023	0,021	0,032	0,033	0,009	0,007	0,009	0,005
Al^{3+}	1,206	1,174	1,230	2,222	2,200	1,824	1,886	1,633	1,664	1,556	1,489
Sc^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,001	0,001	na	na	na	na
Cr^{3+}	0,012	0,001	0,000	na	na	na	na	na	na	na	na
Fe^{2+}	0,831	0,834	1,284	0,336	0,406	0,923	0,827	0,128	0,172	0,142	0,116
Mn^{2+}	0,012	0,012	0,043	0,046	0,057	0,104	0,092	0,304	0,363	0,216	0,194
Mg^{2+}	1,741	1,779	1,279	0,260	0,276	0,390	0,365	0,009	0,017	0,011	0,013
Zn^{2+}	na	na	na	0,004	0,004	0,003	0,007	0,000	0,006	0,000	0,004
Ba^{2+}	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca^{2+}	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,028	0,000	0,009	0,000
Na^{+}	0,026	0,014	0,015	0,019	0,012	0,017	0,031	0,028	0,028	0,024	0,020
K^{+}	0,896	0,881	0,884	0,952	0,944	0,952	0,965	0,902	0,912	0,909	0,901
Rb^{+}	0,000	0,000	0,000	0,023	0,024	0,045	0,042	0,000	0,045	0,000	0,041
Cs^{+}	na	na	na	0,000	0,001	0,004	0,004	0,000	0,006	0,000	0,012
Li^{+}	na	na	na	0,000	0,000	0,000	0,000	1,442	1,413	1,550	1,510
F^{-}	0,000	0,000	0,000	0,333	0,301	0,898	0,892	1,341	1,575	1,281	1,568
H^{+}	2,000	2,000	2,000	1,667	1,699	1,102	1,108	0,659	0,425	0,719	0,432
O	12,000	12,000	12,000	11,667	11,699	11,102	11,108	10,659	10,425	10,719	10,432
CATSUM	7,790	7,777	7,785	7,125	7,159	7,430	7,399	7,922	7,998	7,940	7,899
ANSUM	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

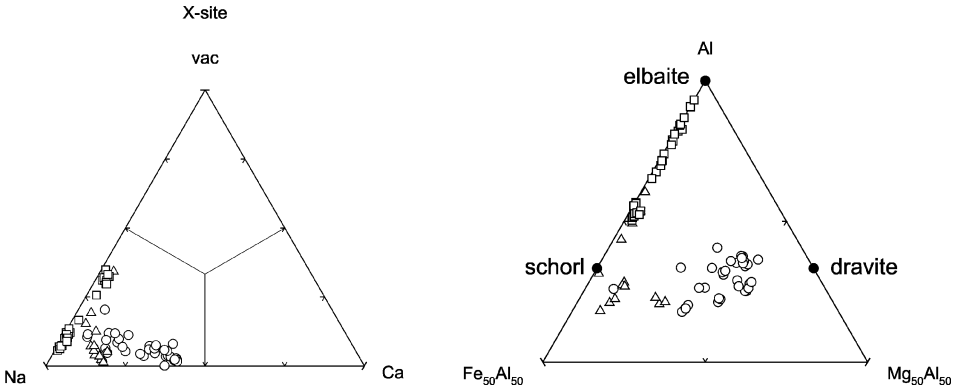
zinnwaldit tvoří černohnědé lupenité agregáty v grafické jednotce, někdy v asociaci s černým turmalínem a nebo s Fe-bohatým muskovitem. Pravděpodobně je parageneticky i chemicky blízký biotitu z této lokality. (ii) Růžový až světle fialový Mn-bohatý lepidolit jako lupenité agregáty popř. samostatné lupeny až 5 cm velké a (iii) téměř bezbarvý lupenitý Mn-bohatý lepidolit až masutomilit se vyskytují poblíž křemenného jádra vždy v asociaci s albitem, elbaitem a topazem. (iv) Drobně lupenité agregáty sekundárního Mn-bohatého lepidolitu, masutomilitu až zinnwalditu zatlačují granát uložený v albitu.

Chemické složení je u jednotlivých typů variabilní (NĚMEC 1990, Tab 3), Mg-zinnwaldit obsahuje poměrně značné množství Mg (0,39 apfu) a F (0,96 apfu) zatímco obsahy Ti (0,81 hm. % TiO_2) a Na (0,03 apfu) jsou poměrně nízké. Obsah Li_2O nebyl stanoven (Němec 1990), ale pravděpodobně je poměrně vysoký (až kolem 4 hm. % Li_2O). Typický je také vysoký poměr Rb/Cs. Růžový Mn-bohatý lepidolit je bohatý F (≤ 1,58 apfu), má nízký obsah Mg (0,02 apfu), poměrně kolísavý obsah Fe (0,12–0,20 apfu) a Mn (0,19–0,36 apfu) a relativně nízký poměr Rb/Cs. Bezbarvý Mn-bohatý lepidolit až masutomilit má poněkud odlišné složení, neobsahuje Mg, má výrazně vyšší množství Mn – (0,07–0,10 apfu Fe a 0,42–0,46 apfu Mn) a také nízký poměr Rb/Cs. Sekundární Mn-bohatý lepidolit, masutomilit až zinnwaldit mají velmi podobné složení jako bezbarvý Mn-bohatý lepidolit pouze výrazně nižší obsah Mn (0,14–0,60 apfu Fe a 0,24–0,37 apfu Mn).

Skupina turmalínu

Turmalín se vyskytuje vzácně v pegmatoidních segregacích a v allanitových pegmatitech, poněkud hojnější je v některých euxenitových pegmatitech, poměrně běžný je v euxenitovém pegmatitu v Klučově se silnou albitizací a hojný je v Kracovicích (NĚMEC 1990, NOVÁK *et al.* 1999, NOVÁK 2000, NOVÁK *et al.* 2003). Jen v některých pegmatitech turmalín zcela chybí. Vyskytuje se v několika různých texturně-parageneticky jednotkách a na základě morfologie jeho zrn, jeho pozice v pegmatitu a texturních znaků byly vyčleněny následující typy.

(i) Sloupcovitý turmalín je nejhojnějším typem a je znám z pegmatitů allanitového a euxenitového subtypu a hlavně z Kracovic. Vzácně tvoří dokonale vyvinuté sloupcovité krystaly, většinou ale jen nedokonale vyvinuté sloupce, stébelnaté, lištovité až nepravidelné agregáty především v blokovém K-živci, dále v grafické jednotce, v blokovém K-živci, v albitické jednotce a výjimečně i v blokovém křemeni. V Kracovicích je běžný v grafickém pegmatitu, v albitické jednotce a zarostlý v lupenech Li-slíd. Velikost krystalů a jejich agregátů dosahuje až 10 cm, většinou kolem 1 cm. (ii) Nodulární turmalín je známý jen z některých euxenitových pegmatitů jako nodule s leukokrátním lemem až 5 cm velké, zarostlé výhradně v aplitické jednotce. (iii) Grafické srůsty turmalínu a křemene se vyskytují poměrně běžně většinou v grafické jednotce, a také v blokovém K-živci při okraji blokového křemene. Posledním typem je (iv) intersticiální turmalín, který proniká v drobných trhlinách především blokový K-živec, ale i jiné texturně-parageneticky jednotky, často v těsné blízkosti sloupcovitých turmalínů a jejich agregátů. První tři typy (i–iii)



Obr. 6. Ternární diagramy znázorňující chemické složení turmalínů. Kroužky – turmalín z euxenitových pegmatitů mimo lokality Klučov, trojúhelníky – turmalín z albitizovaného pegmatitu v Klučově, čtverce – turmalín z Kracovic.

Fig. 6. Ternary diagrams showing chemical composition of tourmaline. Circles – tourmaline from euxenite pegmatites except locality Klučov, triangles – tourmaline from albitized pegmatite at Klučov, squires – tourmaline from Kracovice.

lze považovat za primární (magmatické), intersticiální turmalín zřejmě vznikl až během subsolidu krystalizací z hydrotermálních fluid. Všechny vyčleněné typy turmalínu mají černou až černohnědou barvu s výjimkou lokality Kracovice, kde se vyskytují elbaity nejčastěji špinavě zelené až hnědozelené, vzácně světle žlutozelené a růžové barvy (HOUZAR 1987, NĚMEC 1990, NOVÁK *et al.* 1999).

S ohledem na značné rozšíření turmalínu v pegmatitech TP, představují detailněji studované vzorky jen část texturních typů turmalínu (sloupcovitý, grafický a intersticiální) a všechny analýzy pocházejí jen z několika málo euxenitových pegmatitů (část vzorků z Klučova, Pozďátky, Třebíč-Terůvky), z albitizovaného euxenitového pegmatitu v Klučově a z Kracovic. Na základě texturně-paragenetických typů pegmatitů a chemického složení turmalínu můžeme vyčlenit tři odlišné skupiny – turmalíny z euxenitových pegmatitů bez výrazné albitizace (Pozďátky, Terůvky, část vzorků z Klučova), ze silně albitizovaných euxenitových pegmatitů z Klučova a z Li-pegmatitu z Kracovic.

Pro turmalíny z první skupiny (sloupcovitý, grafický i intersticiální) je typický vysoký obsah Ca (≤ 0,40 apfu), nízké vakance v pozici X (≤ 0,20 pfu), nízký obsah Al (5,07–6,29 apfu), vysoký obsah Mg (≤ 2,17 apfu), který většinou převažuje nad Fe (vzácně

Tabulka 4. Reprezentativní analýzy turmalínu a tinzenitu Analýzy turmalínu byly přepočítány na vzorec normalizací na 6 Si, obsah H_2O a B_2O_3 byl dopočten na základě stechiometrie. Analýzy tinzenitu byly normalizovány na 16 anionů.

Table 4. Representative analyses of tourmaline and tinzenite. The analyses of tourmaline were normalized at 6 Si, H_2O and B_2O_3 calculated from stoichiometry. The analyses of tinzenite were normalized on 16 anions.

	tourmaline									tinzenite	
	Poz	Ter	Ter	Klu	Klu	Kra	Kra	Kra		Klu	Klu
SiO_2	35,49	34,65	34,62	33,47	34,67	35,67	37,61	37,33	SiO_2	41,64	41,51
TiO_2	3,48	2,96	2,67	2,02	0,96	0,08	0,16	0,05	TiO_2	0,00	0,00
Al_2O_3	25,82	24,86	25,10	24,46	30,59	34,98	36,61	36,42	Al_2O_3	17,39	17,32
MgO	7,25	5,68	5,71	1,60	0,47	0,06	0,00	0,00	MgO	0,01	0,00
CaO	2,06	2,14	2,17	0,78	0,25	0,07	0,14	0,12	CaO	9,41	9,80
MnO	0,34	0,33	0,27	0,64	2,96	1,96	4,18	4,95	MnO	23,43	22,41
FeO	10,16	13,80	13,85	19,63	13,81	7,27	2,49	1,82	FeO	1,30	1,48
CuO	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	CuO	0,13	0,08
ZnO	0,00	0,13	0,03	0,00	0,00	0,37	0,05	0,13	SnO_2	0,05	0,30
Na_2O	1,87	1,68	1,68	2,29	2,24	2,65	2,86	2,85	Na_2O	0,02	0,02
K_2O	0,08	0,07	0,07	0,05	0,06	0,03	0,02	0,01	K_2O	0,04	0,00
F	0,00	0,33	0,21	0,58	0,70	1,30	1,41	1,55	F	0,00	0,00
H_2O*	3,55	3,31	3,37	3,06	3,14	2,95	3,09	2,99	H_2O *	1,55	1,55
B_2O_3*	10,28	10,04	10,03	9,70	10,04	10,33	10,89	10,81	B_2O_3 *	6,01	5,99
-O=F	0,00	-0,14	-0,09	-0,24	-0,29	-0,55	-0,59	-0,65	O=F	0,00	0,00
TOTAL	100,38	99,89	99,72	98,04	99,60	97,17	98,92	98,38	TOTAL	100,98	100,46
Si^{4+}	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	Si^{4+}	4,014	4,016
Ti^{4+}	0,442	0,385	0,348	0,272	0,125	0,010	0,019	0,006	Ti^{4+}	0,000	0,000
Al^{3+}	5,145	5,073	5,127	5,168	6,239	6,935	6,883	6,899	Al^{3+}	1,976	1,975
Mg^{2+}	1,827	1,466	1,475	0,428	0,121	0,015	0,000	0,000	Mg^{2+}	0,001	0,000
Ca^{2+}	0,373	0,397	0,403	0,150	0,046	0,013	0,024	0,021	Ca^{2+}	0,971	1,016
Mn^{2+}	0,049	0,048	0,040	0,097	0,434	0,279	0,565	0,674	Mn^{2+}	1,913	1,837
Fe^{2+}	1,436	1,998	2,007	2,943	1,999	1,023	0,332	0,245	Fe^{2+}	0,105	0,120
Cu^{2+}	0,000	0,007	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Cu^{2+}	0,009	0,006
Zn^{2+}	0,000	0,017	0,004	0,000	0,000	0,046	0,006	0,015	Sn^{4+}	0,002	0,011
Na^{+}	0,613	0,564	0,565	0,796	0,752	0,864	0,885	0,888	Na^{+}	0,004	0,004
K^{+}	0,017	0,015	0,015	0,011	0,013	0,006	0,004	0,002	K^{+}	0,005	0,000
F^{-}	0,000	0,181	0,115	0,329	0,383	0,692	0,711	0,788	F^{-}	0,000	0,000
H^{+}	4,000	3,819	3,885	3,671	3,617	3,308	3,289	3,212	H^{+}	1,000	1,000
B^{3+}	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	B^{3+}	1,000	1,000
O	30,603	30,423	30,494	29,989	30,208	29,541	29,023	28,983	O^{2-}	16,000	16,000
CATSUM	18,903	18,972	18,988	18,865	18,729	18,191	17,718	17,754	CATSUM	10,000	9,986

v lemu grafického turmalínu až 2,79 apfu), Fe/(Fe + Mg) = 0,24–0,56 (0,88 v lemu). Dále je typický vysoký obsah Ti (≤ 0,42 apfu, 3,23 hm. % TiO_2), nízké obsahy F (≤ 0,20 apfu) a Mn (≤ 0,08 apfu).

Turmalíny z albitizovaného euxenitového pegmatitu z Klučova (sloupcovitý, grafický) jsou charakteristické nižším obsahem Ca (≤ 0,17 apfu), většinou nízkou vakancí v pozici X (≤ 0,20 pfu, vzácně až 0,35 pfu), většinou také nízkým obsahem Al (5,07–5,88 apfu), v grafickém typu ale až 6,66 apfu Al, poměrně vysoký je také obsah Ti (≤ 0,36 apfu, 2,74 hm. % TiO_2). Poměr Fe/(Fe + Mg) = 0,66–0,98 je výrazně vyšší ve srovnání s předešlou skupinou a zvyšuje se od sloupcovitého typu po grafický typ, kde obsah Fe dosahuje až 2.94 apfu. Pro tuto skupinu je také typické narůstání obsahu Mn (≤ 0,43 apfu) a F (≤ 0,51 apfu).

Turmalíny z Kracovic (skoryl, elbait) mají značně odlišné chemické složení (srovnej Němec 1990, Novák *et al.* 1999, Novák 2000). Typický je nízký obsah Ca (≤ 0,04 apfu), velmi nízké vakance v pozici X (většinou pod 0,20, někdy až 0,35 pfu) a relativně vysoký ale stabilní obsah Al (6,43–7,10 apfu). Obsah Mg je velmi nízký, většinou pod 0,15 apfu, poměr Fe/(Fe + Mg) = 0,92–1,00 je také velmi nízký, typický je silně kolísající obsah Mn (0,08 až 0,75 apfu) nízký obsah Ti (≤ 0,08 apfu). Obsah F je poměrně vysoký a kolísá (0,30–0,85 apfu). Reprezentativní analýzy turmalínů z jednotlivých pegmatitových subtypů jsou v tab. 4.

Vývoj chemického složení turmalínů z NYF pegmatitů TP od Ca, Ti, Mg-bohatých a Al, Mn, F-chudých turmalínů s nízkým Fe/(Fe + Mg) z běžných euxenitových pegmatitů až po Na, Al, Mn, F-bohaté, Ca, Mg, Ti-chudé turmalíny s vysokým Fe/(Fe + Mg) z pegmatitu v Kracovicích (Obr. 6) odpovídá očekávané frakcionaci. Velmi neobvyklé jsou ale nízké vakance v pozici X, někdy vysoký obsah Ca a Ti a pravděpodobně vysoký obsah Fe^{3+}, možná kolem 1 apfu i více, na který ukazují nízké obsahy Al a relativně vysoké sumy YR^{2+} (Fe + Mg + Mn). To je odlišuje od všech dosud studovaných turmalínů z granitických pegmatitů. V rámci jednotlivých skupin z euxenitových pegmatitů představují grafické turmalíny nejvyšší stupeň frakcionace s nejvyššími obsahy Al, Fe, Mn a F a nejnižšími obsahy Ca, Mg a Ti. Chemické složení intersticiálního turmalínu se neliší od ostatních typů euxenitových pegmatitů.

Aktinolit

Aktinolit se vyskytuje v pegmatoidních segregacích odpovídajících allanitovému subtypu, vzácně také ve vnějších okrajových částech granitické zóny pegmatitů euxenitového subtypu. Jeho šedozelené, dlouze sloupcovité krystaly a stébelnaté agregáty dosahují délky do 1 cm. Chemické složení aktinolitu z euxenitového pegmatitu Vladislav se vyznačuje nízkým obsahem Na (≤ 0,17 apfu), Al (≤ 0,37 apfu) a typický je také velmi nízký poměr Fe/(Fe + Mg) = 0,21–0,23. Jeho chemické složení je téměř totožné s amfiboly z durbachitů TP.

7.2. Akcesorické a sekundární minerály

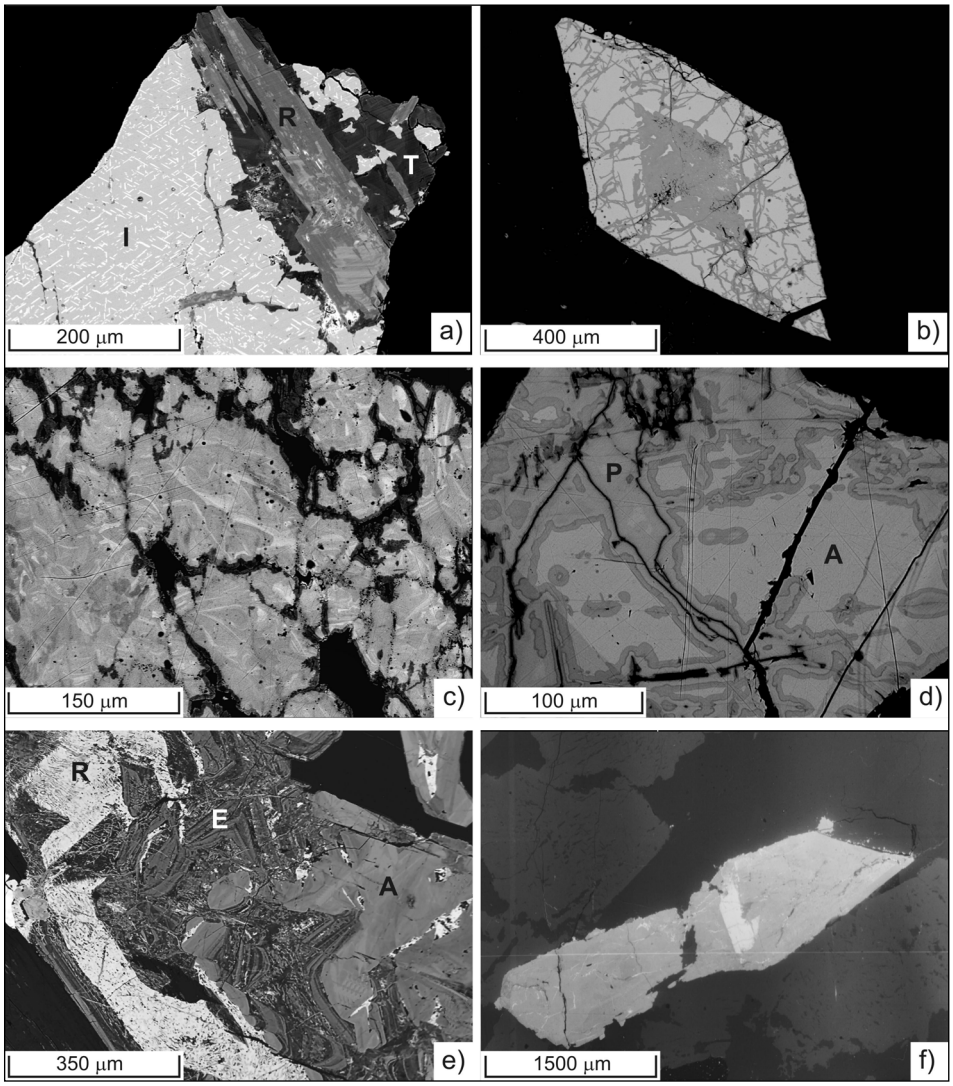
7.2.1. Minerály Y, REE, U, Th, Zr

Přítomnost těchto minerálů je typická pro všechny pegmatity TP, jejich kvantitativní a kvalitativní zastoupení v nich se však výrazně se liší. V pegmatitech allanitového subtypu byly pozorovány pouze allanit-(Ce) a zirkon a vzácně monazit-(Ce). V pegmatitech euxenitováho subtypu jsou běžně zastoupeny minerály aeschynitové skupiny, místy je poměrně hojný allanit-(Ce) vedle relativně častého zirkonu, vzácného monazitu-(Ce) a sekundárních minerálů skupiny pyrochloru. V pegmatitu u Kracovic se vyskytují minerály skupiny samarskitu, pyrochloru, fergusonit, monazit-(Ce), xenotim-(Y) a zirkon.

Skupina allanitu

Allanit-(Ce) je nejhojnějším akcesorickým minerálem s Y,REE ve studovaných pegmatitech. Tvoří euhedrální až subhedrální, hnědé až černohnědé krystaly dosahující veli-

kosti 4 cm, běžně však kolem 5–15 mm. Allanit-(Ce) má skelný až matný lesk a nepravidelný lom. Kolem krystalu je často zřetelně vyvinut systém radiálních trhlin, vzniklých expanzí objemu během metamiktizace. Allanit-(Ce) je přítomen téměř ve všech texturně pa-



Obr. 7. BSE fotografie Nb,Ta,Ti,Y,REE-minerálů. a) ilmenit (I) s odmíšeninami niobového rutilu v asociaci s titanitem (T) a zonálním niobovým rutilem (R) – Bochovice b) zonální zirkon – Vladislav, c) heterogenní (Nb–Ta) aeschynit-(Y) – Pozďátka, d) zatlačování aeschynitu-(Y) (A) yttrobetafitem (Y) – Kožichovice, e) alterovaný allanit-(Ce) (A) zatlačovaný rhabdofánem-(Ce) (R) a minerálem blízkým epidotu (E) – Kožichovice, f) monazit-(Ce) uzavřený v allanitu-(Ce) – Vladislav.

Fig. 7. BSE images of Nb,Ta,Ti,Y,REE-minerals. a) ilmenite (I) with exsolutions of niobian rutile associated with titanite (T) and zoned niobian rutile (R) – Bochovice b) zoned zircon – Vladislav, c) heterogeneous (Nb–Ta) aeschynite-(Y) – Pozďátka, d) replacement of aeschynite-(Y) (A) by yttrobetafite (Y) – Kožichovice, e) altered allanite-(Ce) (A) replaced by rhabdophane-(Ce) (R) and epidote mineral (E) – Kožichovice, f) monazite-(Ce) enclosed in allanite-(Ce) – Vladislav.

	allanite				zircon				titanite					
	Vla gr	Vla gr	Vla gr	Vla bl	Poz	Poz	Kra	Kra	Poz p.	Klu p.	Vla p.	Vla p.	Klu s.	Klu s.
Ta_2O_5									4,19	5,71	0,72	0,86	0,34	1,18
Nb_2O_5									1,52	1,54	1,51	1,65	2,09	3,57
P_2O_5	2,57	3,28	0,04	0,05	0,11	0,09	0,01	0,48						
SiO_2	28,06	27,36	31,37	31,32	31,55	31,61	30,93	29,97	29,54	29,13	30,03	29,97	29,51	29,15
TiO_2	1,77	1,70	1,64	1,60	0,00	0,00	0,01	0,02	31,15	30,09	34,39	34,24	33,02	30,50
SnO_2									0,39	0,34	0,23	0,20	4,65	4,76
ZrO_2					64,14	64,15	64,23	52,17	0,24	0,33	0,01	0,02	0,00	0,00
HfO_2					2,96	3,17	3,36	15,41						
UO_2	0,08	0,08	0,01	0,00	0,28	0,19	0,13	0,71						
ThO_2	1,25	1,36	0,44	0,53	0,02	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00
Al_2O_3	16,02	15,15	15,45	15,33	0,01	0,01	0,00	0,00	2,50	2,61	1,92	1,93	1,28	1,68
Sc_2O_3					0,23	0,22	0,13	0,90	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,04	0,09	0,31	0,35	0,00	0,00	0,01	0,11	0,98	0,81	1,13	1,00	0,00	0,00
La_2O_3	4,91	5,00	4,02	3,96					0,01	0,02	0,03	0,05	0,00	0,00
Ce_2O_3	10,14	10,90	12,45	12,63	0,00	0,01	0,00	0,01	0,19	0,64	0,90	0,84	0,20	0,20
Pr_2O_3	1,06	1,00	1,65	1,54					0,11	0,16	0,23	0,18	0,00	0,00
Nd_2O_3	3,21	3,29	4,96	4,95					0,82	0,80	0,77	0,72	0,09	0,10
Sm_2O_3	0,42	0,50	0,83	0,76					0,34	0,29	0,24	0,26	0,05	0,02
Gd_2O_3	0,90	0,85	1,11	1,08					0,26	0,20	0,23	0,20	0,04	0,06
Dy_2O_3									0,04	0,02	0,17	0,07	0,00	0,00
Er_2O_3									0,08	0,08	0,05	0,05	0,00	0,00
Yb_2O_3					0,14	0,05	0,01	0,32	0,13	0,04	0,14	0,16	0,00	0,00
Fe_2O_3	12,76	12,19	11,29	11,43					0,68	0,64	0,47	0,55	0,31	0,42
FeO					0,00	0,02	0,03	0,02						
CaO	7,39	6,99	10,19	10,16	0,01	0,00	0,01	0,00	25,92	25,59	26,13	26,40	27,55	26,96
MnO	0,36	0,48	0,30	0,30	0,00	0,01	0,00	0,02	0,11	0,09	0,12	0,11	0,25	0,23
MgO	0,68	0,67	1,59	1,54					0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01
Na_2O	0,11	0,09	0,04	0,04					0,14	0,18	0,12	0,10	0,05	0,11
K_2O	0,02	0,04	0,00	0,01					0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,04
F	0,30	0,38	0,19	0,19	0,00	0,19	0,00	0,01	0,00	0,16	0,13	0,17	0,18	0,14
H_2O*	1,40	1,33	1,50	1,50					0,13	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
-O=F	-0,13	-0,16	-0,08	-0,08	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,06	-0,08	-0,08	-0,06
TOTAL	93,32	92,57	99,30	99,19	99,45	99,65	98,88	100,18	99,57	99,53	99,66	99,70	99,59	99,06
Ta^{5+}									0,039	0,054	0,007	0,008	0,003	0,011
Nb^{5+}									0,024	0,025	0,024	0,026	0,033	0,057
P^{5+}	0,212	0,275	0,003	0,004	0,003	0,002	0,000	0,013						
Si^{4+}	2,736	2,709	2,949	2,950	0,985	0,984	0,976	0,979	1,007	1,003	1,007	1,004	0,995	0,997
Ti^{4+}	0,130	0,127	0,116	0,113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,799	0,780	0,867	0,863	0,837	0,784
Sn^{4+}									0,005	0,005	0,003	0,003	0,062	0,065
Zr^{4+}					0,977	0,974	0,988	0,831	0,004	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
Hf^{4+}					0,026	0,028	0,030	0,144						
U^{4+}	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,005					0,000	0,000
Th^{4+}	0,028	0,031	0,009	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al^{3+}	1,841	1,768	1,712	1,702	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,106	0,076	0,076	0,051	0,068
Sc^{3+}					0,006	0,006	0,004	0,026	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Y^{3+}	0,002	0,005	0,016	0,018	0,000	0,000	0,000	0,002	0,018	0,015	0,020	0,018	0,000	0,000
La^{3+}	0,177	0,183	0,139	0,138					0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Ce^{3+}	0,362	0,395	0,428	0,436	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,008	0,011	0,010	0,002	0,003
Pr^{3+}	0,038	0,036	0,057	0,053					0,001	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000
Nd^{3+}	0,112	0,116	0,167	0,167					0,010	0,010	0,009	0,009	0,001	0,001
Sm^{3+}	0,014	0,017	0,027	0,025					0,004	0,003	0,003	0,003	0,001	0,000
Gd^{3+}	0,029	0,028	0,035	0,034					0,003	0,002	0,003	0,002	0,000	0,001
Dy^{3+}									0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000
Er^{3+}									0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Yb^{3+}					0,001	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000
Fe^{3+}	0,936	0,908	0,799	0,810					0,017	0,016	0,012	0,014	0,008	0,011
Fe^{2+}					0,000	0,001	0,001	0,001					0,000	0,000
Ca^{2+}	0,772	0,742	1,026	1,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,947	0,944	0,939	0,948	0,995	0,987
Mn^{2+}	0,030	0,040	0,024	0,024	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,007
Mg^{2+}	0,099	0,099	0,223	0,216					0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Na^{+}	0,021	0,017	0,007	0,007					0,009	0,012	0,008	0,007	0,003	0,007
K^{+}	0,002	0,005	0,000	0,001					0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002
H*	0,907	0,881	0,944	0,943					0,029	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
F^{-}	0,093	0,119	0,056	0,057	0,000	0,019	0,000	0,001	0,000	0,017	0,014	0,018	0,020	0,015
CATSUM	7,542	7,502	7,736	7,733	2,001	1,997	2,001	2,005	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
O	12,907	12,881	12,944	12,943	4,000	3,981	4,000	3,999	4,986	4,989	4,989	4,987	4,978	4,985
ANSUM	13,000	13,000	13,000	13,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,014	5,006	5,003	5,005	5,002	5,000

Tabulka 5. Reprezentativní analýzy allanitu-(Ce), zirkonu a titanitu. bl – blokový K-živec, gr – granitická zóna, p. – primární, s. – sekundární. Analýzy allanitu-(Ce) byly normalizovány na 13 anionů, zirkon na 4 aniony; titanit na 3 kationy.

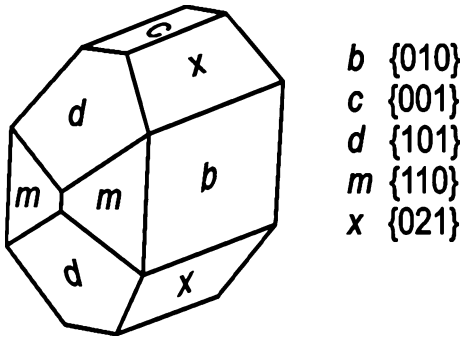
Table 5. Representative analyses of allanite-(Ce), zircon and titanite. bl – blocky K-feldspar, gr – granitic zone, p. – primary, s. – secondary. Analyses of allanite-(Ce) were normalized on 13 anions, zircon on 4 anions; titanite on 3 cations, respectively.

ragenetických jednotkách. V pegmatitech allanitového subtypu je převládající akcesorií. V pegmatitech euxenitového subtypu je hojný v granitické zóně a v blokovém K-živci, v menším zastoupení se vyskytuje i v grafické a aplitické zóně. V pegmatitu u Kracovic allanit nalezen nebyl. Allanit-(Ce) je často silně alterovaný a zatlačovaný epidotem a fluorokarbonáty Ca a REE, které se hojně vyskytují v trhlinách allanitu-(Ce) nebo v jeho těsné blízkosti (viz. obr. 7e). Na lokalitě Kožichovice byl nalezen jako produkt rozkladu allanitu-(Ce) i rhabdofán-(Ce). U allanitu-(Ce) z granitické zóny v euxenitovém pegmatitu ve Vladislavi byly pozorovány srůsty s monazitem-(Ce), (obr. 7f).

Detailně byl studován pouze allanit z euxenitového pegmatitu ve Vladislavi a z Kožichovic a všechny vzorky odpovídají svým chemickým složením allanitu-(Ce). Data z allanitových pegmatitů zatím chybí. Allanit-(Ce) z granitické zóny je výrazněji obohacen o lehké vzácné zeminy oproti allanitu-(Ce) z blokové zóny. Ty mají také až desetinásobně vyšší obsahy Y (≤ 0,02 apfu). Allanit-(Ce) z granitické zóny má vyšší obsahy U a Th a je více alterován než allanit-(Ce) z blokové zóny, ovšem poměry U/(U + Th) jsou pro obě texturně paragenetické jednotky srovnatelné; granitická jednotka (0,05–0,06) a bloková jednotka (0,01–0,09). Alterace se projevuje zejména nižší analytickou sumou, deficitem Ca a Na a vstupem P do struktury allanitu. Zatímco méně alterované allanity-(Ce) z blokové zóny mají sumu ~ 98 hm. % oxidů a obsah P na kolem 0,002 apfu, alterované allanity-(Ce) sumu ~ 91 hm. % oxidů a obsah P až 0,31 apfu. Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 5.

Skupina aeschynitu

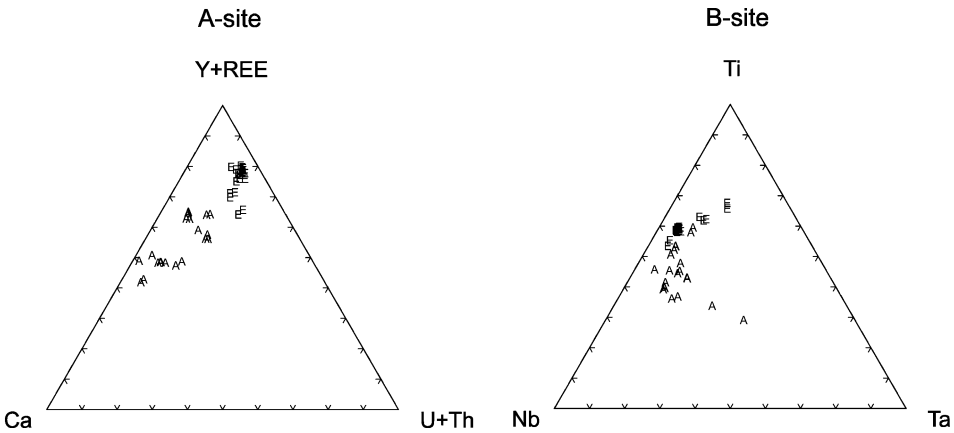
Minerály skupiny aeschynitu jsou typomorfní pro pegmatity euxenitového subtypu, kde se vyskytují převážně v blokové zóně; zřídka byly nalezeny také v grafické zóně a v albitu. Jsou metamiktní, mají světle hnědou, hnědou, hnědočernou až téměř černou barvu, lasturnatý lom a skelný až mastný lesk. Odlišení minerálů skupiny aeschynitu od minerálů skupiny euxenitu na makroskopických vzorcích není vůbec možné, odlišení allanitu je možné pouze na základě výraznějšího skelného až mastného lesku u Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidů. Minerály skupiny aeschynitu tvoří anhedrální zrna, protáhlé subhedrální krystaly až euhedrální protáhlé sloupce (obr. 8). Velikost krystalů nepřesahuje 2 cm, obvykle kolem 2–5 mm. Minerály skupiny aeschynitu jsou alterované, často je kolem zrn patrný hnědavý lem. Běžně jsou silně zatlačovány sekundárními minerály skupiny pyrochloru. Množství pyrochloru může v některých případech objemově převládat nad primárním aeschynitem (obr. 7d) a tyto minerály se nedají navzájem makroskopicky odlišit. Minerály skupiny aeschynitu se nevyskytují spolu s allanitem-(Ce), ale ve stejné texturně-paragenetické jednotce mohou být přítomny v těsné blízkosti titanit i turmalín.



Obr. 8. Krystal aeschynitu-(Y) z Pozďátek, překresleno podle Čecha (1957a).

Fig 8. Crystal of aeschynite-(Y) from Pozďátky, redrawn from Čech (1957a).

Obecný vzorec minerálů této skupiny je AB_2O_6. Do pozice A vstupují Y, REE, Ca U a Th a v malé míře také Zr, Sc, Al, Fe



Obr. 9. Ternární diagramy znázorňující chemické složení minerálů skupiny aeschynitu a euxenitu. A – minerály skupiny aeschynitu, E – polycras-(Y). (ŠKODA a NOVÁK v tisku).

Fig. 9. Ternary diagrams showing chemical composition of minerals of aeschynite group. A – aeschynite group minerals, E – polycrase-(Y). (ŠKODA and NOVÁK in press).

a Mn, do pozice B vstupují převážně Ti, Nb a Ta, dále však také W a Si. Chemické složení těchto minerálů je značně variabilní (obr. 9), i když v rámci jednoho zrna jsou významnější změny chemismu ojedinělé. Z minerálů skupiny aeschynitu byly identifikovány tyto členy: aeschynit-(Y), aeschynit-(Ce), aeschynit-(Nd), nioboaeschynit-(Ce), tantalaeschynit-(Ce) a vigezzit (ŠKODA a NOVÁK 2006). V BSE obraze jsou patrné pouze variace Nb a Ta (viz obr. 7c).

V pozici A jsou významně zastoupeny Y (0,05–0,22 apfu; 1,60–6,44 hm. % Y_2O_3), REE (ΣREE 0,26–0,50 apfu; 12,01–21,42 hm. % REE_2O_3), Ca (0,22–0,51 apfu; 3,16–7,84 hm. % CaO), U (0,00–0,09 apfu; 0,00–6,71 hm. % UO_2) a Th (0,02–0,08 apfu; 1,15–6,10 hm. % ThO_2). Obsahy Zr, Fe, Mn a Mg nepřesahují 0,06 apfu. V pozici B jsou přítomny Ti v obsazích 0,58–1,18 apfu (11,02–24,59 hm. % TiO_2), Nb (0,61–0,98 apfu; 19,96–35,31 hm. % Nb_2O_5) a Ta (0,11–0,78 apfu; 6,50–41,08 hm. % Ta_2O_5). Obsahy W nepřekračují 0,03 apfu (1,59 hm. % WO_3). Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 6.

Skupina euxenitu

Minerály skupiny euxenitu jsou podobně jako minerály skupiny aeschynitu omezeny na pegmatity euxenitového subtypu, kde byly nalezeny v grafické zóně, blokovém K-živci, v albitu a také v masivním křemeni. Vytvářejí izometrické subhedrální až euhedrální, protažené až jehlicovité krystaly. Makroskopicky se nedají odlišit od minerálů skupiny aeschynitu a od minerálů skupiny pyrochloru. Velikost jejich krystalů nepřesahuje 1 cm. Obvykle se nevyskytují společně s jinými REE-minerály, pouze ojediněle byl nalezen jejich srůst s monazitem (Vladislav).

Chemické složení odpovídá polycrasu-(Y). V BSE obraze je homogenní, patrné je pouze zatlačování minerály skupiny pyrochloru. V pozici A jsou dominantní Y (0,37–0,48 apfu; 10,06–14,32 hm. % Y_2O_3) a REE (0,27–0,34 apfu; 12,58–15,40 hm. % REE_2O_3). Obsah Ca se pohybuje od 0,04 do 0,14 apfu (0,63–1,91 hm. % CaO). Množství U (0,08–0,16 apfu; 5,69–10,75 hm. % UO_2) převládá nad Th (0,04–0,07; 2,62–4,88 hm. % ThO_2). Obsahy Na nepřevyšuje 0,06 apfu (0,46 hm. % Na_2O), zastoupení Fe, Mn, Sc a Sn nepřesahuje 0,01 apfu. V pozici B je nejvíce zastoupený Ti 1,06–1,36 apfu (22,39–27,02 hm. % TiO_2), obsahy Nb (0,34–0,81 apfu; 11,41–28,59 hm. % Nb_2O_5) převládají nad Ta (0,10–0,32 apfu; 5,98–17,75 hm. % Ta_2O_5). Obsahy W nepřesahují 0,02 apfu (1,36 hm. % WO_3). Reprezentativní chemické analýzy jsou uvedeny v tab. 6.

Tabulka 6. Reprezentativní analýzy minerálů skupiny aeschynitu, euxenitu a pyrochloru (ŠKODA a NOVÁK, v tisku). A-(Y) – aeschynit-(Y), A-(Ce) – aeschynit-(Ce), NbA-(Ce) – nioboaeschynit-(Ce), TaA – tantalaeschynit-(Ce), V – vigezzit, P – polycras-(Y), B – betafit, YP – yttropyrochlor. Analýza označená * obsahuje 1,37 hm. % SiO_2 a ** obsahuje 0,86 hm. % SiO_2. Analýzy byly normalizovány na (Ti + Nb + Ta + W) = 2.

Table 6. Representative analyses of minerals of aeschynite and euxenite group (ŠKODA and NOVÁK, in print). A-(Y) – aeschynite-(Y), A-(Ce) – aeschynite-(Ce), NbA-(Ce) – nioboaeschynite-(Ce), TaA – tantalaeschynite-(Ce), V – vigezzite, P – polycrase-(Y), B – betafite, YP – yttropyrochlore. Note, analysis marked with * contains 1.37 wt. % SiO_2, and ** contains 0.86 wt. % SiO_2. Analyses were normalized on (Ti + Nb + Ta + W) = 2.

	A-(Y)	A-(Nd)	A-(Ce)	NbA-(Ce)	V	TaA	NbA-(Ce)	P	P	B*	YP**
	Chl	Klu	Koz	Koz	Koz	Klu	Klu	Vla	Poz	Koz	Koz
WO_3	0,95	1,21	1,37	0,94	1,16	0,75	0,74	0,96	1,36	1,31	1,04
Ta_2O_5	18,56	8,98	10,99	13,32	19,84	41,08	30,54	6,10	13,70	5,58	17,05
Nb_2O_5	27,91	27,10	21,20	33,92	33,28	19,96	25,17	27,97	17,65	21,02	27,02
TiO_2	17,54	22,29	24,59	16,57	15,87	11,02	13,33	23,48	25,66	24,36	15,74
SnO_2	0,35	0,11	0,01	0,12	0,26	0,28	0,30	0,06	0,00	0,03	0,25
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00
UO_2	1,99	6,71	5,53	2,40	1,63	0,00	0,58	6,70	8,08	11,22	1,39
ThO_2	3,32	5,61	4,62	3,36	2,74	1,15	2,27	2,88	3,99	6,68	1,99
Sc_2O_3	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,04
Y_2O_3	6,28	3,57	4,41	2,64	4,87	2,83	2,80	14,01	11,34	3,10	4,93
La_2O_3	1,31	1,06	2,24	3,20	1,86	5,55	3,89	0,00	0,08	1,09	1,33
Ce_2O_3	6,69	6,19	9,91	7,55	4,57	6,02	7,83	0,57	1,21	5,78	7,03
Pr_2O_3	1,17	1,20	1,36	0,87	0,52	0,48	0,78	0,23	0,56	0,92	1,18
Nd_2O_3	5,16	6,49	5,18	3,33	1,87	1,49	2,45	2,39	4,60	3,97	4,91
Sm_2O_3	1,18	1,44	1,00	0,65	0,49	0,33	0,49	1,39	1,83	1,16	1,56
Gd_2O_3	1,01	1,13	0,71	0,60	0,81	0,17	0,26	2,71	2,12	0,86	0,99
Dy_2O_3	0,61	0,75	0,59	0,38	0,81	0,18	0,11	3,31	1,95	0,49	0,37
Er_2O_3	0,40	0,28	0,37	0,27	0,38	0,09	0,10	1,26	0,84	0,27	0,20
Yb_2O_3	0,48	0,35	0,48	0,26	0,71	0,34	0,27	1,42	1,00	0,35	0,42
MnO	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,09	0,00	0,53	0,02
FeO	0,22	0,12	0,03	0,01	0,05	0,12	0,13	0,11	0,08	1,37	1,39
CaO	3,88	3,77	3,16	6,33	7,60	6,40	6,00	0,94	1,54	5,04	4,79
K_2O	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01
Na_2O	0,00	0,14	0,14	0,13	0,02	0,00	0,01	0,11	0,35	0,06	0,07
TOTAL	99,08	98,52	97,92	96,84	99,35	98,24	98,07	97,14	97,94	96,58	94,74
W^{6+}	0,016	0,020	0,023	0,015	0,018	0,014	0,013	0,015	0,022	0,023	0,019
Ta^{5+}	0,325	0,154	0,190	0,229	0,330	0,779	0,556	0,103	0,238	0,102	0,320
Nb^{5+}	0,811	0,771	0,610	0,968	0,921	0,629	0,761	0,785	0,509	0,640	0,844
Ti^{4+}	0,848	1,055	1,177	0,787	0,730	0,578	0,671	1,096	1,231	1,234	0,817
Sn^{4+}	0,009	0,003	0,000	0,003	0,006	0,008	0,008	0,001	0,000	0,001	0,007
Zr^{4+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000
U^{4+}	0,029	0,094	0,078	0,034	0,022	0,000	0,009	0,093	0,115	0,168	0,021
Th^{4+}	0,049	0,080	0,067	0,048	0,038	0,018	0,035	0,041	0,058	0,102	0,031
Sc^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,002
Y^{3+}	0,215	0,120	0,149	0,089	0,159	0,105	0,099	0,463	0,385	0,111	0,181
La^{3+}	0,031	0,025	0,053	0,075	0,042	0,143	0,096	0,000	0,002	0,027	0,034
Ce^{3+}	0,158	0,143	0,231	0,175	0,102	0,154	0,192	0,013	0,028	0,143	0,178
Pr^{3+}	0,027	0,027	0,031	0,020	0,011	0,012	0,019	0,005	0,013	0,023	0,030
Nd^{3+}	0,118	0,146	0,118	0,075	0,041	0,037	0,059	0,053	0,105	0,096	0,121
Sm^{3+}	0,026	0,031	0,022	0,014	0,010	0,008	0,011	0,030	0,040	0,027	0,037
Gd^{3+}	0,022	0,024	0,015	0,012	0,016	0,004	0,006	0,056	0,045	0,019	0,023
Dy^{3+}	0,013	0,015	0,012	0,008	0,016	0,004	0,002	0,066	0,040	0,011	0,008
Er^{3+}	0,008	0,006	0,007	0,005	0,007	0,002	0,002	0,025	0,017	0,006	0,004
Yb^{3+}	0,009	0,007	0,009	0,005	0,013	0,007	0,006	0,027	0,019	0,007	0,009
Mn^{2+}	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,030	0,001
Fe^{2+}	0,012	0,006	0,002	0,001	0,003	0,007	0,007	0,006	0,004	0,077	0,080
Ca^{2+}	0,267	0,254	0,216	0,428	0,499	0,478	0,430	0,063	0,105	0,364	0,354
K^{+}	0,000	0,001	0,004	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001
Na^{+}	0,000	0,017	0,017	0,016	0,002	0,000	0,001	0,013	0,043	0,008	0,009
CATSUM	2,987	2,988	3,022	3,002	2,984	2,986	2,981	2,974	3,020	3,313	3,192
O	5,966	5,905	5,899	5,928	5,899	5,962	5,953	5,944	5,914	6,301	6,240

Skupina pyrochloru

V pegmatitech euxenitového subypu jsou minerály skupiny aeschynitu hojně zatlačovány minerály skupiny pyrochloru. Někdy zatlačují téměř celé zrno a původní aeschynit nebo euxenit je přítomen pouze v reliktech (obr. 7d). Jsou hnědé až hnědočerné a makroskopicky se nedají od svých prekurzorů odlišit.

Obecný vzorec minerálů skupiny pyrochloru je $A_2B_2O_6(O, OH, F)$. Do pozice A mohou vstupovat Ca, Na, Y, REE, U, Th, □ (vakance), Pb, Bi, Ba, Sr. Pozice B je obsazována Nb, Ta, Ti a v malé míře zřejmě také Si. Pyrochlory z euxenitového subtypu NYF pegmatitů TP odpovídají silně vakantnímu yttropyrochloru, yttrobetafitu a betafitu. V pozici A jsou přítomny Ca (0,15–0,76 apfu; 2,32–7,70 hm. % CaO), U (0,02–0,49 apfu; 0,84–21,03 hm. % UO_2), Th (0,03–0,13 apfu; 1,06–7,08 hm. % ThO_2), Y (0,01–0,35 apfu; 0,24–14,21 hm. % Y_2O_3), REE (ΣREE 0,01–0,30; 0,46–17,99 hm. % REE_2O_3) a Fe (≤ 0,11 apfu; 1,39 hm. % FeO). Vakance se pohybuje od 0,70 do 0,92 pfu, v žádné analýze tedy nepřevažuje. V pozici B dominuje Ti (0,99–1,64; 13,99–38,04 hm. % TiO_2) nad Nb (0,24–0,84 apfu; 9,01–40,59 hm. % Nb_2O_5) a Ta (0,06–0,48 apfu; 5,58–34,31 hm. % Ta_2O_5). V malé míře bývá zastoupen i Si (≤ 0,22 apfu; 2,45 hm. % SiO_2) a W (≤ 0,02 apfu; 1,98 hm. % WO_3).

V Kracovicích se minerály skupiny pyrochloru vyskytují jako mikroskopická zrna v asociaci s granátem, minerály skupiny samarskitu, fergusonitem, wolframoixiolitem, zirkonem a scheelitem, pyrochlor ale nezatlačuje jiné minerály jako v euxenitových pegmatitech. Z důvodu malé variability chemismu pyrochloru je uvedeno pouze průměrné složení. V pozici A je nejvíce zastoupeným prvkem Ca (0,70 apfu; 6,18 hm. % CaO). Obsahy Y (0,49 apfu; 8,55 hm. % Y_2O_3) mírně převládají nad U (0,39 apfu; 16,36 hm. % UO_2). Suma REE je kolem 0,13 apfu (3,40 hm. % REE_2O_3), Th je přítomno v 0,03 apfu (1,44 hm. % ThO_2) a zjištěny byly také nízké koncentrace Sc (0,02 apfu; 0,18 hm. %). Velikost vakance se pohybuje od 0,12 do 0,42 pfu. V pozici B dominuje Nb (1,68 apfu; 23,31 hm. % Nb_2O_5) nad Ta (0,31 apfu; 10,62 hm. % Ta_2O_5). Množství Ti nepřesahuje 0,01 apfu (0,38 hm. % TiO_2). Hodnoty F se pohybují od 0,08 od 0,22 apfu (0,24–0,59 hm. % F). Jejich chemické složení odpovídá uranem bohatému yttropyrochloru.

Skupina samarskitu

Minerály skupiny samarskitu vytvářejí protáhlé krystaly a jejich agregáty až 10 mm dlouhé v těsné blízkosti granátu v pegmatitu u Kracovic. Mají hnědočernou barvu, skelný lesk a lasturnatý lom. Minerály skupiny samarskitu jsou silně zatlačovány Fe–Ca–Si–P–Nb fází, což je dobře makroskopicky patrné jako žlutohnědé lemy. Často uzavírají zrna mikroskopického fergusonitu.

Minerály skupiny samarskitu mají strukturní vzorec ABO_4. V pozici A se obsahy jednotlivých prvků mění v širokém rozmezí. Obsahy Mn (0,13–0,36 apfu; 3,06–7,83 hm. % MnO) obvykle převládájí nad Fe (0,04–0,27 apfu; 0,91–6,39 hm. % FeO). Množství Ca se pohybuje od 0,00 do 0,32 apfu (≤ 5,86 hm. % CaO). U byl zjištěn od 0,13 do 0,19 apfu (12,12–17,40 hm. % UO_2). Hodnoty Y se pohybují od 0,16 do 0,22 apfu (5,66–8,03 hm. % Y_2O_3). Suma REE nepřesahuje 0,07 apfu (4,47 hm. % REE_2O_3). V pozici B dominuje Nb (0,67–0,78 apfu; 30,69–35,11 hm. % Nb_2O_5) nad W (0,12 až 0,28 apfu; 9,60–22,53 hm. % WO_3). Množství Ta se pohybuje od 0,03 do 0,07 apfu (1,81–4,81 hm. % Ta_2O_5). Obsahy Ti byly pod detekčním limitem. Svým chemismem odpovídají minerály této skupiny W a Mn bohatému samarskitu-(Y) až kalciosamarskitu.

Skupina fergusonitu

Fergusonit-(Y) jako jediný zástupce této skupiny tvoří mikroskopická zrna o velikosti 50 μm, mírně alterovaná, uzavřená v samarskitu v pegmatitu u Kracovic. Minerály skupiny fergusonitu mají obecný vzorec ABO_4. Protože studovaný fergusonit-(Y) nevykazuje výraznější změny v chemismu, jsou zde uvedeny pouze průměrné hodnoty. V pozici A je

dominuje Y (0,55 apfu; 21,96 hm. % Y_2O_3) nad REE (ΣREE 0,10 apfu; 5,95 hm. % REE_2O_3), U (0,04 apfu; 3,55 hm. % UO_2) a Th (0,01 apfu Th; 1,19 hm. % ThO_2). Ca je zastoupen 0,02 apfu (0,46 hm. % CaO). V pozici B dominuje Nb (0,97 apfu; 45,74 hm. % Nb_2O_5) nad Ti (0,02 apfu Ti; 0,45 hm. % TiO_2) a W (0,01 apfu; 1,61 hm. % WO_3). Obsah Ta byl pod mezí detekce.

Monazit-(Ce)

V pegmatitech euxenitového subtypu se monazit-(Ce) vyskytuje v granitické zóně, kde tvoří až 100 μm velké euhedrální krystalky zarůstající do allanitu-(Ce). Mikroskopický se velmi vzácně vyskytuje v blokovém K-živci společně s polycrasem-(Y). V allanitech-(Ce) z blokové zóny nalezen nebyl. Je pravděpodobné, že se bude vyskytovat společně s allanitem-(Ce) také v pegmatitech allanitového subtypu, ale zatím zde nebyl pozorován. V Kracovicích tvoří monazit-(Ce) žlutozelené krystaly dosahující velikosti až 14 mm v blízkosti křemenného jádra v asociaci s Li-slídami, kasiteritem a elbaitem.

Chemismus monazitu-(Ce) z euxenitových pegmatitů byl studován na lokalitě Vladislav. Monazit z okrajových částí pegmatitu a z blokového K-živce nevykazuje výraznější rozdíly v zastoupení REE. Obohacení o těžší REE u monazitu z blokového K-živce je velmi nízké. Monazit z granitické zóny obsahuje až 0,04 apfu Th (4,48 hm. % ThO_2) a až 0,06 apfu Si (1,23 hm. % SiO_2), zatímco monazit z blokové zóny je více obohacen Si (≤ 0,12 apfu; 2,78 hm. % SiO_2) a také Th (0,10 apfu; 11,46 hm. % ThO_2). Obsahy U v monazitech z obou odlišných jednotek nepřevyšují 0,005 apfu (0,36 hm. % UO_2) a obsahy Y se pohybují od 0,11 do 0,17 apfu (0,56–0,84 hm. % Y_2O_3). Poměr La/Gd, který vyjadřuje stupeň nabohacení o těžší REE a ochuzení o lehké REE, se pohybuje od 19,27 do 39,28. Obsah huttonitové komponenty kolísá od 2,5 %, pro monazit zarostlý v allanitu z granitické zóny, do 8,5 %, pro monazit z blokového K-živce. Obsahy xenotimové (1–2 %) i brabantitové komponenty (2–3 %) jsou nízké.

Monazit je výrazně odohacen o těžší REE a ochuzen především o La. Poměr La/Gd dosahuje hodnot 2,34–2,99. Obsahy Th (0,02–0,06 apfu; 2,20–6,55 hm. % ThO_2) jsou výrazně vyšší než obsahy U (≤ 0,002 apfu; 0,23 hm. % UO_2). Si je zastoupen od 0,03 do 0,07 apfu (0,79–1,63 hm. % SiO_2). Obsahy Y se pohybují od 0,03 do 0,04 apfu (1,31 až 1,83 hm. % Y_2O_3) Obsahy Ca obvykle nepřevyšují 0,004 apfu (0,07 hm. % CaO). Obsahy huttonitové a xenotimové komponenty nepřevyšují 5 %, obsahy brabantitové komponenty nepřevyšují 1 %, u Ca bohaté analýzy dosahují 3,5 %. Obsahy Y a těžších REE jsou mnohem vyšší než u monazitu z pegmatitů euxenitovného subtypu. Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab 7.

Zirkon

Mikroskopická zrna zirkonu se vyskytují v pegmatitech allanitového subtypu a v granitické zóně pegmatitů euxenitového subtypu. V blokové zóně tvoří snopečkovitě až radiálně srostlé krystaly dorůstající velikosti do 10 mm, dále izolované zonální krystaly (obr. 7b). Mají šedožlutou až žlutohnědou barvu a skelný až mastný lesk. Obvykle je kolem nich vyvinut systém radiálních trhlin vyvolaný expanzí objemu hmoty zirkonu během metamiktizace. V Kracovicích mikroskopický zirkon srůstá s xenotimem-(Y).

Chemické složení zirkonu z Kracovic a z euxenitových pegmatitů se výrazněji neliší (tab. 5), v allanitových pegmatitech studován nebyl. Obsah Hf se pohybuje od 0,03 do 0,06 apfu (3,35–6,62 hm. % HfO_2), což odpovídá 4–7 % hafnonové komponenty. Množství Y kolísá od 0,00 po 0,06 apfu (0,01–3,6 hm. % Y_2O_3). Obsahy Sm, Gd, Dy, Er a Yb se pohybují kolem meze detekce elektronové mikrosondy (cca 0,05 hm. % REE_2O_3). Množství P kolísá od 0,00 do 0,10 apfu (0,00–2,34 hm. % P_2O_5), přičemž u více alterovaných zirkonů je vyšší. Obsah U kolísá od 0,001 do 0,02 apfu (0,21–3,03 hm. % UO_2) Th dosahuje zhruba polovičních hodnot (0,00–0,01 apfu; 0,00–1,51 hm. % ThO_2). Přítomnost radioaktivních prvků vyvolala metamiktní stav zirkonu, jenž zapříčiňuje jeho snadnou hydrataci

a alteraci dokumentovanou mimo jiné i nízkou analytickou sumou a odchylkami od ideální stechiometrie. Sumy se pohybují od 86,24 hm. % oxidů (pro vysoký obsah U a Th) do 100,48 hm. % oxidů (pro nízký obsah U a Th). S rostoucím stupněm alterace vzrůstá i množství Al, Fe a Ca. V zirkonu z Kracovic existují nepravidelné útvary mikrometrových velikostí vyznačující se vysokým obsahem Hf, kde obsah hafnonové komponenty vzrůstá až na 15 % (tab. 5).

Xenotim-(Y)

Mikroskopická zrna xenotimu-(Y) byla nalezena pouze v pegmatitu u Kracovic, kde se vyskytuje v obdobné asociaci jako monazit-(Ce) a srůstá zde se zirkonem a kasiteritem. V rámci zrn xenotimu byly pozorovány dvě odlišná složení v obsahu REE (tab. 7). Xenotim-(Y) s běžnou distribucí REE (41,79 hm. % Y_2O_3, 4,55 hm. % Yb_2O_3, 4,27 hm. % Er_2O_3, 5,93 hm. % Dy_2O_3, 2,25 hm. % Gd_2O_3, 0,63 hm. % Sm_2O_3, a xenotim-(Y) s pozitivní anomálií s centrem kolem Dy (34,19 hm. % Y_2O_3, 4,78 hm. % Yb_2O_3, 5,02 hm. % Er_2O_3, 10,14 hm. % Dy_2O_3, 4,29 hm. % Gd_2O_3, 1,29 hm. % Sm_2O_3). Obsahy U (0,42–0,54 hm. % UO_2) převládají nad Th (0,22–0,25 hm. % ThO_2).

Rhabdofán-(Ce)

Agregáty červíčkovitých útvarů rhabdofánu-(Ce) vznikají jako alterační produkt při rozkladu allanitu-(Ce). Velikost agregátů nepřesahuje stovky μm. Chemické složení nebylo detailněji zkoumáno.

(Fluoro)karbonáty REE a Ca

Dosud byl indentifikován pouze bastnäsit-(Ce) jako relativně hojný sekundární minerál vznikající během alterace metamiktního allanitu-(Ce), další minerály dosud identifikovány nebyly. Jehličkovité až lištovité krystalky bastnäsitu-(Ce) vyplňují trhliny a volné prostory v rozloženém allanitu-(Ce) nebo v jeho těsné blízkosti, obvykle dosahují velikosti pouze první desítky mikrometrů.

7.2.2. Minerály Ti, Nb, Ta, W, Sn

V allanitových pegmatitech jsou přítomny pouze minerály Ti (titanit, ilmenit). V euxenitových pegmatitech dominují minerály s větší či menší převahou Ti (ilmenit, titanit, pseudorutil, niobový rutil, skupina aeschynitu), minerály s převahou Nb a/nebo Ta jsou vzácné (nioboaeschynit-(Ce), tantalaeschynit-(Ce), pyrochlor) a minerály Sn jsou známy pouze z jediné lokality (Klučov). V Kracovicích se Ti minerály nevyskytují, převažují minerály s převahou Nb (fergusonit, samarskit, skupina pyrochloru) a Ti je přítomen obvykle ve velmi nízkých koncentracích stejně jako Ta. Dále se zde vyskytují kasiterit, vzácný wolframoixiolit a Němec (1990) uvádí také columbit.

Titanit

Titanit lze z genetického hlediska rozdělit na primární a sekundární. Primární titanit I vytváří euhedrální krystaly hnědošedé barvy dosahující velikosti 20 mm, které jsou svým výskytem omezeny převážně na blokový K-živec. Titanit I je spíše zřídka přítomen v pegmatitech allanitového subtypu a hojně v pegmatitech euxenitového subtypu, vzácně se objevuje v dutinách (Oslavice). V Kracovicích titanit nalezen nebyl. Sekundární titanit II byl zjištěn pomocí elektronové mikrosondy jako alterační produkt ilmenitu (obr. 7a). Vytváří subhedrální až euhedrální krystalky (≤ 500 μm) v bezprostřední blízkosti ilmenitu a nebo jako výplň drobných trhlin vedoucí od ilmenitu.

Titanit I je obohacen o Nb, Ta, Y a středně těžké REE. Obsahy Nb se pohybují od 0,00 do 0,04 apfu (0,08–2,75 hm. % Nb_2O_5), Ta 0,00–0,05 apfu (0,02–5,71 hm. % Ta_2O_5). Množství Y + REE dosahuje až 0,02 apfu (4,82 hm. % Y, REE_2O_3), z REE je nejvíce zastoupen Nd. Dále je přítomno Fe (≤ 0,05 apfu; 1,84 hm. % Fe_2O_3), Al (≤ 0,11 apfu; 2,61

Tabulka 7. Reprezentativní analýzy monazitu-(Ce) a xenotimu-(Y). bl – blokový K-živec, gr – granitická zóna. Analýzy byly normalizovány na (P + As + Si) = 1.

Table 7. Representative analyses of monazite-(Ce) and xenotime-(Y). bl – blocky K-feldspar, gr – granitic zone. Analyses were normalized on (P + As + Si) = 1.

	Monazite-(Ce)						Xenotime-(Y)	
	Kra	Kra	Vla bl	Vla bl	Vla gr	Vla gr	Kra	Kra
P_2O_5	28,78	29,06	25,64	25,64	27,65	28,61	33,25	32,01
As_2O_5	0,08	0,10	0,05	0,05	0,05	0,06	0,00	0,00
SiO_2	0,84	0,82	2,73	2,76	1,23	0,66	0,09	0,12
UO_2	0,21	0,21	0,31	0,31	0,36	0,16	0,42	0,54
ThO_2	2,83	2,59	10,07	10,18	4,53	1,84	0,22	0,25
La_2O_3	6,72	6,83	13,75	13,70	14,36	15,38	0,00	0,00
Ce_2O_3	28,44	28,94	29,10	29,06	32,18	34,26	0,07	0,07
Pr_2O_3	4,20	4,14	3,03	3,03	3,34	3,57	0,00	0,00
Nd_2O_3	15,12	15,22	10,59	10,59	11,43	11,21	0,34	0,20
Sm_2O_3	5,90	5,82	1,93	1,92	1,87	1,73	0,63	1,29
Gd_2O_3	3,17	3,15	0,66	0,68	0,58	0,44	2,25	4,29
Dy_2O_3	0,76	0,73	0,17	0,18	0,17	0,12	5,93	10,14
Er_2O_3	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06	0,02	4,27	5,02
Yb_2O_3	na	na	na	na	na	na	4,55	4,78
Y_2O_3	1,78	1,73	0,64	0,64	0,82	0,58	41,79	34,19
PbO	0,06	0,05	0,16	0,16	0,07	0,04	0,33	0,33
CaO	0,05	0,06	0,24	0,28	0,38	0,18	0,05	0,02
TOTAL	99,01	99,51	99,09	99,19	99,05	98,86	94,19	93,25
P^{5+}	0,965	0,966	0,888	0,886	0,949	0,972	0,997	0,996
As^{5+}	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Si^{4+}	0,033	0,032	0,112	0,113	0,050	0,026	0,003	0,004
U^{4+}	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003	0,004
Th^{4+}	0,026	0,023	0,094	0,095	0,042	0,017	0,002	0,002
La^{3+}	0,098	0,099	0,207	0,206	0,215	0,228	0,000	0,000
Ce^{3+}	0,412	0,416	0,436	0,435	0,478	0,504	0,001	0,001
Pr^{3+}	0,061	0,059	0,045	0,045	0,049	0,052	na	na
Nd^{3+}	0,214	0,213	0,155	0,154	0,165	0,161	0,004	0,003
Sm_3	0,081	0,079	0,027	0,027	0,026	0,024	0,008	0,016
Gd^{3+}	0,042	0,041	0,009	0,009	0,008	0,006	0,026	0,052
Dy^{3+}	0,010	0,009	0,002	0,002	0,002	0,002	0,068	0,120
Er_3	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,048	0,058
Yb^{3+}	na	na	na	na	na	na	0,049	0,054
Y^{3+}	0,037	0,036	0,014	0,014	0,018	0,012	0,788	0,668
Pb^{2+}	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,003	0,003
Ca^{2+}	0,002	0,003	0,010	0,012	0,017	0,008	0,002	0,001
CATSUM	0,986	0,981	1,004	1,004	1,024	1,014	2,002	1,982
O	3,912	3,908	3,778	3,775	3,921	3,965	4,000	3,973

hm. % Al_2O_3), F nepřesahuje 0,07 apfu (0,63 hm. % F). Studovaný titanit II je obohacen především o Sn (0,02–0,14 apfu; 1,54–9,78 SnO_2), dále je zastoupen Nb (≤ 0,06 apfu; 3,57 hm.% Nb_2O_5), Ta (≤ 0,01 apfu; 1,18 hm. % Ta_2O_5) a Fe (≤ 0,02 apfu; 0,83 hm. % Fe_2O_3). Al je přítomen v obsazích od 0,03–0,07 apfu (0,78–1,92 hm. % hm. % Al_2O_3), množství F nepřesahuje 0,04 apfu (0,35 hm. % F). Reprezentativní analýzy titanitu jsou uvedeny v tab. 5.

Ilmenit

Ilmenit je svým výskytem omezen především na blokový K-živec v pegmatitech euxenitového subtypu, objevuje se také v grafické jednotce, zřídka byl nalezen také v hrubozrnných segregacích allanitového subtypu. V Kracovicích ilmenit zjištěn nebyl. Ilmenit se vyskytuje ve formě plochých tabulkovitých krystalů dosahující velikosti několika cm^2 a tloušťky do 1 cm. Barva čerstvého ilmenitu je ocelově šedá s polokovovým leskem, alterovaný ilmenit je šedobílý a má matný lesk. Ilmenit je často zatlačován pseudorutilem nebo také uzavírá orientované protáhlé inkluze niobového rutilu (obr. 7a).

Chemické složení ilmenitu je v rámci krystalu poměrně homogenní. Obsah pyrofanitové komponenty se pohybuje od 11 do 23 %, v Bochovicích až 34 % (NOVÁK a JILEMNICKÁ 1988), obsah geikielitové komponenty nepřevyšuje 1 %. Množství Nb je pod 0,03 apfu (2,23 hm. % Nb_2O_5), hodnoty Ta nepřesahují 0,002 apfu (0,34 hm. % Ta_2O_5). Po přepočtení na 3 kyslíky poměr R^{2+}:(R^{4+} + R^{5+}) neodpovídá ideálnímu 1:1, ale dochází k částečnému deficitu v R^{2+} pozici (až 0,1 apfu), což může znamenat, že je část Fe přítomna ve formě Fe^{3+}. Sumy analýz s velkým deficitem se pohybují kolem 98 hm. %. Reprezentativní analýzy ilmenitu jsou uvedeny v tab. 8.

Pseudorutil

NOVÁK a JILEMNICKÁ (1988) popisují pseudorutil v koexistenci s ilmenitem z euxenitových pegmatitů TP. Na základě chemického složení předpokládají jeho vznik zatlačo-

Tabulka 8. Reprezentativní analýzy ilmenitu, pseudorutilu a minerálů skupiny rutilu, columbitu a ixiolitu. Analýzy ilmenitu byly normalizovány na 3 aniony, pseudorutil na 9 anionů, rutil na. 1 kation a poměr Fe^{2+}/Fe^{3+} byl rozpočítán na základě ideální stechiometrie, columbit/ixiolit byly normalizován na (W + Ta + Nb + Ti + Si) = 2.

Table 8. Representative analyses of ilmenite, pseudorutile and minerals rutile, columbite and ixiolite group, respectively. Analyses of ilmenite were normalized on 3 anions, pseudorutile on 9 anions, rutile on 1 cation and Fe^{2+}/Fe^{3+} ratios were calculated from stoichiometry, columbite/ixiolite were normalized on (W + Ta + Nb + Ti + Si) = 2.

	ilmenite			pseudorutile		rutile				columbite/ixiolite					
	Klu	Vla	Poz	Vla	Poz	Krac	Trb	Vla	Poz	Boch	Boch	Trb	Trb	Kra	Kra
WO_3	0,07	0,00	0,02	0,11	0,00	0,67	0,43	0,12	0,06	1,37	1,70	0,62	0,76	3,87	7,10
Ta_2O_5	0,10	0,11	0,15	0,24	0,12	0,59	2,60	2,05	0,18	7,43	6,76	6,35	6,66	16,15	15,51
Nb_2O_5	0,41	0,43	0,31	0,67	0,61	7,71	14,16	5,95	1,32	63,79	61,63	62,40	64,46	56,40	54,04
TiO_2	52,83	52,93	52,72	58,45	57,81	84,32	76,94	89,19	97,72	6,84	9,09	9,16	7,81	2,99	2,73
SiO_2	0,03	0,01	0,02	0,07	0,02	0,01	0,01	0,04	0,20	0,00	0,00	0,01	0,05	0,05	0,05
ZrO_2	na	na	na	na	na	0,06	0,11	0,00	0,00	0,63	1,14	1,41	1,03	0,25	0,24
SnO_2	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	3,58	0,38	0,51	0,05	0,27	0,23	0,17	0,18	0,28	0,31
UO_2	na	na	na	na	na	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,05	0,16	0,08
Al_2O_3	0,00	0,02	0,01	0,06	0,03	0,52	0,14	0,06	0,12	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Y_2O_3	na	na	na	na	na	0,00	0,01	0,00	0,00	0,18	0,16	0,13	0,16	0,14	0,11
Sc_2O_3	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,13	0,12	0,06	0,02	1,50	2,70	5,23	4,12	0,67	0,65
Bi_2O_3	na	na	na	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,04
Fe_2O_3*	-	-	-	37,13	37,75	0,83	1,71	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14
FeO	41,19	40,82	41,81	-	-	1,20	3,43	1,06	0,13	17,08	14,29	11,32	11,99	1,08	1,15
MnO	5,40	5,54	4,49	2,21	2,50	0,38	0,02	0,00	0,02	0,04	0,79	2,54	2,68	17,71	17,84
MgO	0,03	0,03	0,11	0,04	0,23	0,00	0,08	0,00	0,00	0,37	0,80	0,83	0,91	0,00	0,01
CaO	0,01	0,06	0,08	0,05	0,01	0,00	0,01	0,08	0,34	0,00	0,02	0,06	0,12	0,01	0,01
TOTAL	100,07	99,98	99,76	99,1	99,12	100,01	100,14	100,98	100,17	99,50	99,31	100,30	101,00	99,79	100,01
W^{6+}	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,020	0,025	0,009	0,011	0,060	0,111
Ta^{5+}	0,001	0,001	0,001	0,004	0,002	0,002	0,010	0,008	0,001	0,114	0,102	0,094	0,099	0,263	0,255
Nb^{5+}	0,005	0,005	0,004	0,020	0,019	0,049	0,092	0,037	0,008	1,631	1,551	1,530	1,586	1,528	1,475
Ti^{4+}	0,993	0,994	0,995	2,972	2,943	0,889	0,830	0,919	0,984	0,291	0,381	0,374	0,320	0,135	0,124
Si^{4+}	0,001	0,000	0,001	0,005	0,001	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003
Zr^{4+}	na	na	na	na	na	0,000	0,001	0,000	0,000	0,017	0,031	0,037	0,027	0,007	0,007
Sn^{4+}	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,020	0,002	0,003	0,000	0,006	0,005	0,004	0,004	0,007	0,007
U^{4+}	na	na	na	na	na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001
Al^{3+}	0,000	0,001	0,000	0,005	0,002	0,009	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
Y^{3+}	na	na	na	na	na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004
Sc^{3+}	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,074	0,131	0,247	0,195	0,035	0,034
Bi^{3+}	na	na	na	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Fe^{3+}	-	-	-	1,889	1,923	0,009	0,018	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,007
Fe^{2+}	0,861	0,852	0,877	-	-	0,014	0,041	0,012	0,001	0,808	0,665	0,513	0,546	0,055	0,065
Mn^{2+}	0,114	0,117	0,095	0,127	0,143	0,004	0,000	0,000	0,000	0,002	0,037	0,117	0,124	0,899	0,912
Mg^{2+}	0,001	0,001	0,004	0,004	0,023	0,000	0,002	0,000	0,000	0,031	0,066	0,067	0,074	0,000	0,001
Ca^{2+}	0,000	0,002	0,002	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	0,005	0,000	0,001	0,003	0,007	0,000	0,001
CATSUM	1,976	1,973	1,980	5,034	5,060	1,000	1,000	1,001	1,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,001	3,007
O	3,000	3,000	3,000	9,000	9,000	2,000	2,000	2,000	2,002	6,012	6,013	5,991	5,996	5,980	5,977
Mn/ (Fe + Mn)	0,117	0,121	0,098			0,241	0,000	0,000	0,132	0,003	0,053	0,185	0,185	0,942	0,934
Ta/ (Nb + Ta)						0,044	0,099	0,171	0,076	0,065	0,062	0,058	0,059	0,147	0,147

váním ilmenitu během pozdních hydrotermálních stádií vývoje pegmatitového tělesa. Pseudorutil tvoří, buď protáhlé útvary, které jsou vázány především na trhliny v ilmenitu, nebo nepravidelné útvary uvnitř ilmenitu. Po přepočtení na 9 kyslíků odpovídají poměry kationů dobře strukturnímu vzorci $Fe^{3+}{}_2Ti_3O_9$. Nově získaná data odpovídají těm uvedeným v práci NOVÁKA a JILEMNICKÉ (1988). Obsahy Mn se pohybují od 0,03–0,36 apfu (0,43–6,32 hm. % MnO), vysoké jsou koncentrace Nb (0,01–0,03 apfu; 0,39–1,02 hm. % Nb_2O_5), vyšší hodnoty vykazuje i Si (≤ 0,20 hm. % SiO_2) a Al (≤ 0,20 hm. % Al_2O_3). Reprezentativní analýzy pseudorutilu jsou uvedeny v tab. 8.

Rutil a niobový rutil

Niobový rutil až Nb-chudý rutil je znám z několik lokalit euxenitových pegmatitů. Tvoří černá protažená až 1 cm velká v pegmatitu s berylem Kožichovice II (NOVÁK a ČECH 1995) a agregáty krystalů až několika cm^3 v Třebíči-Lipové ulici. Orientované, protažené inkluze nebo odmíšeniny niobového rutilu se hojně vyskytují v ilmenitu z jiných euxenitových pegmatitů např. Bochovice, Kožichovice (obr. 7a). Chemické složení tohoto niobového rutilu nebylo možné pro jeho velmi malé rozměry určit. V Kracovicích se niobový rutil vyskytuje v asociaci s kasiteritem, xenotimem-(Y), zirkonem a turmalínem. Vytváří nepravidelné nehomogenní útvary dosahující velikosti kolem desetin mm.

Po chemické stránce je niobový rutil značně heterogenní, což je dobře patrné i v BSE obraze. V euxenitových pegmatitech jsou variabilní hlavně obsahy Nb (0,00–0,09 apfu; 0,35–13,37 hm. % Nb_2O_5), Ta (0,00–0,03 apfu; 0,00–5,42 hm. % Ta_2O_5) a Fe (0,00–0,07 apfu; 0,13–5,42 hm. % FeO). Po rozpočtu Fe na Fe^{2+} a Fe^{3+} na základě ideální stechiometrie získáme obsahy Fe^{2+} do 0,00 do 0,04 apfu (0,00–3,43 hm. % FeO) a Fe^{3+} od 0,00 do 0,04 apfu (0,00–3,23 Fe_2O_3). Obsahy dalších prvků, jako W, Si, Mg, Sc a Ca nepřesahují 0,005 apfu. Nibový rutil z Kracovic má vyšší obsahy Nb (0,02–0,05 apfu; 2,56–7,70 hm. % Nb_2O_5), které výrazně převládají nad Ta (0,00–0,02 apfu; 0,27–4,18 hm. % Ta_2O_5) a neobvykle vysoké hodnoty Sn (0,02–0,02 apfu; 2,67–3,58 hm. % SnO_2). Fe je přítomno od 0,01 do 0,02 apfu (0,62–1,94 hm.% FeO) a na základě přepočtu se zdá, že část Fe je přítomna ve formě Fe^{3+}.

Ixiolit

Nepravidelné inkluze ixiolitu dosahující velikosti 50 μm byly nalezeny v niobovém rutilu v euxenitových pegmatitů v Bochovicích a Třebíči-Lipová ulice. Je pravděpodobné, že se bude vyskytovat v obdobné asociaci na jiných lokalitách euxenitových pegmatitů. Chemickým složením odpovídá ferrocolumbitu. Ta/(Ta + Nb) = 0,06–0,07 a Mn/(Fe + Mn) = 0,00–0,05 jsou velmi nízké, v Třebíči dosahuje až 0,19. Charakteristickým rysem je vysoký obsah Ti (0,29–0,38 apfu; 6,84–9,06 hm.% TiO_2). Obsahy W (0,02–0,03 apfu; 1,37–1,70 hm. % WO_3) a Sc (0,07–0,13 apfu; 1,50–2,70 hm. % Sc_2O_3) jsou nízké, v Třebíči ale dosahují dvojnásobných hodnot (≤ 0,25 apfu; 5,23 hm. % Sc_2O_3; tab. 8).

Manganocolumbit

Columbit s převahou Mn (manganocolumbit) uvádí z pegmatitu v Kracovicích NĚMEC (1990). Tvoří agregáty v albitu a hrubě zrnitém pegmatitu, takže nelze zcela vyloučit možnou záměnu s wolframoixiolitem. Jehlicovité agregáty W a Ti bohatého columbitu (ixiolitu?) dosahující velikosti až 1 mm se vyskytují v Kracovicích v asociaci s kasiteritem. Jeho chemické složení se od výše popsaných columbitů značně liší. Poměr Ta/(Ta + Nb) je téměř konstantní (0,15), poměr Mn/(Fe + Mn) je značně vysoký (0,93–0,94). Obsahy W kolísají od 0,06 do 0,11 apfu (3,78–7,10 hm. % WO_3), vysoké je rovněž také zastoupení Ti (0,12–0,14 apfu; 2,65–2,99 TiO_2). Množství Sc je blízké 0,04 apfu (0,66 hm. % Sc_2O_3). Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 8.

Wolframoixiolit

Tento minerál byl zjištěn jako černé jehlicovité krystalky a jejich agregáty max. 2 mm velké v albitu. Wolframoixiolit v asociaci s minerály skupiny samarskitu a pyrochloru po-

pisuje z pegmatitu v Kracovicích (ŠKODA 2003). Vytváří jehlicovité krystaly a jejich srůsty dosahující velikosti až 300 μm. Chemické složení wolframoixiolitu je značně variabilní. Po přepočtení na 2 kyslíky dostaneme následující složení. Obsahy W kolísají od (0,20–0,34 apfu; 33,29–48,05 hm. % WO_3, Nb se pohybuje od 0,15 do 0,39 apfu (11,44–39,32 hm. % Nb_2O_5). Silně variabilní jsou i obsahy Fe (0,04–0,49 apfu; 1,95–18,40 hm. % FeO) a Mn (0,07–0,38 apfu; 3,06–19,96 hm. % MnO). Množství Ti nepřesahuje 1,01 hm. % TiO_2). Obsahy Ta byly pod mezí detekce EDS metody.

Scheelit

V Kracovicích se scheelit vzácně vyskytuje v podobě drobných inkluzí v minerálech skupiny pyrochloru. Až 20 μm velká zrna byla identifikována pomocí elektronové mikrosondy.

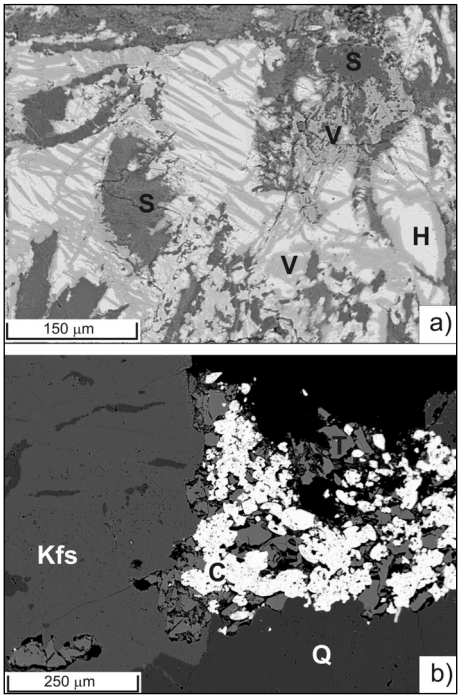
Kasiterit

V pegmatitech euxenitového subtypu byl kasiterit nalezen pouze na lokalitě Klučov, kde vyplňuje drobné dutiny (≤ 2 cm) a trhliny v silně albitizované části grafické až blokové zóny s hojným turmalínem. Vyskytuje se s ostatními Sn minerály (herzenbergit, stokesit, varlamoffit) a s tinzenitem. Na základě detailního studia byly vyčleněny dvě asociace: herzenbergit–varlamoffit–stokesit–kasiterit I–II a kasiterit II–varlamoffit–tinzenit (ŠKODA a ČOPJAKOVÁ 2005). Kasiterit I vytváří anhedrální až korodovaná zrna o maximální velikosti 20 μm. Kasiterit II vytváří subhedrální krystaly do 20–100 μm velké (obr. 10).

Kasiterit I je chemicky homogenní. Z minoritních prvků obsahuje zvýšené obsahy Ta (≤ 0,02 apfu; 2,90 hm. % Ta_2O_5), Nb (≤ 0,01 apfu; 0,7 hm. % Nb_2O_5) a Fe (≤ 0,01 apfu do 0,5 hm. % FeO). Kasiterit II je v BSE obraze homogenní a chemicky se blíží teoretickému SnO_2. Černohnědá zrna kasiteritu se vyskytují také v Kracovicích, a to jak v namodralém cleavelanditu, tak v asociaci s křemenem, elbaitem a zirkonem. Po chemické stránce se jedná o poměrně čitý kasiterit. Z minoritních komponent jsou přítomny pouze Nb (≤ 0,005 apfu; 0,48 hm. % Nb_2O_5), Ta (≤ 0,005 apfu; 0,69 hm. % Ta_2O_5), Ti (≤ 0,01 apfu; 0,63 hm. % TiO_2) a Fe (≤ 0,003 apfu; 0,13 hm. % FeO). Obsahy Mn se pohybují kolem meze detekce (0,03 hm. % MnO). Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 9.

Herzenbergit

Herzenbergit byl nalezen pouze na lokalitě Klučov, kde jeho silně alterované



Obr. 10. BSE fotografie Sn-minerálů z Klučova: a) Herzenbergit (H) s doutníkovitými lamelami varlamoffitu (V); herzenbergit je zatlačován varlamoffitem a stokesitem (S). b) kasiterit (C) v asociaci s tinzenitem (T), křemenem (Q) a K-živcem (Kfs).

Fig. 10. BSE images of Sn-minerals from Klučov: a) Herzenbergite (H) with cigar-shaped lamellae of varlamoffite (V); herzenbergite is replaced by varlamoffite and stokesite (S). b) cassiterite (C) associated with tinzenite (T), quartz (Q) and K-feldspar (Kfs).

Tabulka 9. Reprezentativní analýzy stokesitu, varlamoffitu a kasiteritu z Klučova a kasiteritu z Kracovic. Analýzy stokesitu a varlamoffitu bylo normalizovány na 18 anionů, kasiterit na 1 kation.

Table 9. Representative analyses of stokesite, varlamoffite and cassiterite from Klučov and cassiterite from Kracovice. Analyses of stokesite and varlamoffite were normalized on 18 anions, cassiterite on 1 cation.

	stokesite		varlamoffite			cassiterite		
	Klu	Klu	Klu	Klu		Klu	Kra	Kra
SO_3	0,02	0,11	0,24	0,07	Ta_2O_5	0,23	0,69	0,60
PbO	0,13	0,76	2,79	1,51	Nb_2O_5	0,00	0,48	0,42
SiO_2	43,80	21,84	3,35	9,11	TiO_2	0,06	0,63	0,31
Na_2O	0,01	0,08	0,00	0,03	SiO_2	0,11	0,00	0,00
CuO	0,04	0,00	0,20	0,05	SnO_2	98,83	97,36	98,37
Al_2O_3	0,03	0,98	0,00	2,73	Sc_2O_3	0,00	0,04	0,02
As_2O_5	0,00	0,05	0,56	0,31	FeO	0,03	0,13	0,12
Fe_2O_3	0,26	5,52	3,98	11,77	MnO	0,00	0,03	0,02
ZnO	0,01	0,00	0,10	0,06				
Bi_2O_3	0,09	0,05	0,03	0,17				
CaO	13,42	5,88	0,63	0,18				
SnO_2	36,76	57,56	83,36	63,03				
K_2O	0,00	0,03	0,00	0,05				
MnO	0,20	0,12	0,15	0,00				
TOTAL	94,77	92,98	95,39	89,07	TOTAL	99,27	99,36	99,87
S^{6+}	0,002	0,014	0,040	0,010	Ta^{5+}	0,002	0,005	0,004
Pb^{2+}	0,005	0,036	0,168	0,084	Nb^{5+}	0,000	0,005	0,005
Si^{4+}	5,979	3,835	0,747	1,864	Ti^{4+}	0,001	0,012	0,006
Na^{+}	0,003	0,027	0,000	0,012	Si^{4+}	0,003	0,000	0,000
Cu^{2+}	0,004	0,000	0,033	0,008	Sn^{4+}	0,994	0,974	0,982
Al^{3+}	0,005	0,203	0,000	0,658	Sc^{3+}	0,000	0,001	0,001
As^{5+}	0,000	0,005	0,066	0,033	Fe^{2+}	0,001	0,003	0,002
Fe^{3+}	0,026	0,730	0,667	1,812	Mn^{2+}	0,000	0,001	0,000
Zn^{2+}	0,001	0,000	0,017	0,009				
Bi^{3+}	0,003	0,002	0,002	0,009				
Ca^{2+}	1,963	1,106	0,150	0,040				
Sn^{4+}	2,001	4,030	7,411	5,142				
K^{+}	0,000	0,007	0,000	0,013				
Mn^{2+}	0,023	0,018	0,028	0,000				
CATSUM	10,014	10,013	9,329	9,695	CATSUM	1,000	1,000	1,000
O	18,000	18,000	18,000	18,000	O	2,000	2,001	2,001

krystaly vyplňují drobné dutiny v silně albitizované části grafické až blokové zóny. Má ocelově šedou barvu a kovový lesk. Na základě chemismu a texturních znaků byly vyčleněny dvě generace. Herzenbergit I vytváří lištovité krystaly dosahující velikosti až 2 mm a jejich srůsty, které jsou z velké části zatlačeny varlamoffitem a stokesitem, a je přítomen pouze v nepatrných reliktech. Herzenbergit II vyplňuje prostor mezi krystaly herzenbergitu I. Obsahuje doutníkovité uzavřeniny (obr. 10), které jsou svým chemismem blízké varlamoffitu. Nepodléhá tak silně alteraci jako herzenbergit I (Škoda a Čopjaková 2005).

Chemické složení herzenbergitu II odpovídá téměř teoretickému SnS a rovněž herzenbergit I je velmi čistý. Z ostatních prvků, jež do jeho struktury vstupují, to je obvykle pouze Fe a Cu (oba ≤ 0,007 apfu; 0,25 hm. % Fe a 0,23 hm. % Cu), ojediněle Mn (tab. 10).

Stokesit

Stokesit byl nalezen společně s herzenbergitem, kasiteritem a varlamoffitem v euxenitovém pegmatitu u Klučova. Vzniká na úkor herzenbergitu a vyskytuje se společně s varlamoffitem v zemitých až mikrokrystalických agregátech šedobílé barvy.

Chemické složení stokesitu výrazně kolísá od téměř čistého $Ca_2Sn_2Si_6O_{18}.4H_2O$ až po složení blízké fázi Ca(Fe, Pb) $Sn_2[Sn_2(Si, Al)_4]O_{18-19}.nH_2O$. Při přepočtu na 18 kyslíků kolísá obsah Ca od 1,10 do 1,96 apfu, Fe 0,01–1,21 apfu, Pb 0,00–0,04 apfu. Sn je v rozsahu od 2,00 do 4,00 apfu. Si je v rozpětí od 3,84–6,02 apfu a Al od 0,00 do 0,20 apfu (Škoda a Čopjaková 2005). Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 9.

Varlamoffit

Varlamoffit byl nalezen v euxenitovém pegmatitu u Klučova, kde vzniká jako alterační produkt herzenbergitu I. Vytváří nepravidelné útvary a shluky a vyskytuje se společně se stokesitem. Dále tvoří protáhlé uzavřeniny v herzenbergitu II. V BSE obraze je značně nehomogenní.

Varlamoffit má teoretické složení (Sn, Fe^{3+})$(O,OH)_2$. V pegmatitech z Klučova vstupuje do varlamoffitu mimo Sn a Fe (0,08–0,23 apfu; 3,36–9,72 hm. % Fe_2O_3) rovněž významné množství, Si (0,07–0,22 apfu; 3,35–9,11 hm. % SiO_2), Al (0,00–0,08; 0,00–1,26 hm. % Al_2O_3), v menší míře dále Ca (0,005–0,02 apfu; 0,17–0,69 hm. % CaO) a Pb (≤ 0,02 apfu; do 2,81 hm. % PbO). Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 9.

Tabulka 10. Reprezentativní analýzy herzenbergitu první (hrz I) a druhé (hrz I) generace z Klučova. Analýzy byly normalizovány na S = 1.

Table 10. Representative analyses of herzenbergite of the first (hrz I) and second (hrz I) generation from Klučov. Analyses were normalized on S = 1.

	hrz I	hrz II	
	Klu	Klu	Klu
Sn	78,12	78,39	78,85
Fe	0,249	0,02	0,03
Pb		0,00	0,00
Cu	0,228	0,00	0,00
S	19,043	21,08	21,22
TOTAL	97,64	99,57	100,19
Sn^{4+}	1,108	1,004	1,004
Fe^{2+}	0,007	0,001	0,001
Pb^{2+}	0,000	0,000	0,000
Cu^{2+}	0,006	0,000	0,000
CATSUM	1,122	1,005	1,005
S	1,000	1,000	1,000

7.2.3. Minerály Be

Minerály Be jsou v pegmatitech TP velmi vzácné, zcela chybí v allanitových pegmatitech; v euxenitových pegmatitech se vyskytuje beryl a vzácně také fenakit vedle sekundárních minerálů bavenitu a milaritu. Beryl, hambergit a sekundární bavenit a bertrandit se objevily v Kracovicích. Dosud nebyl zjištěn gadolinit, který by bylo možné v NYF pegmatitech podobného typu očekávat.

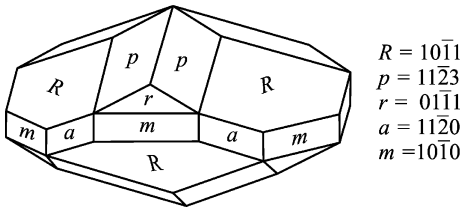
Beryl

V euxenitových pegmatitech byl beryl dosud zjištěn na čtyřech lokalitách: Pozďátky – dva volné úlomky pegmatitu; Kožichovice I – výchoz asi 30 cm mocné vertikálně uložené žíly v zářezu silnice Třebíč – Dukovany; Kožichovice II – výchozy v polích v. od obce. Beryl tvoří nedokonale vyvinuté dlouze sloupcovité krystaly a stébelnaté agregáty až 3 cm dlouhé a je zarostlý v křemeni, K-živci i albitu, na lokalitě Pozďátky ční krystaly do drobné dutiny. Beryl má světle zelenou barvu a v jeho okolí se může vyskytovat bílý bavenit (Kožichovice II). Vzácný beryl z Kracovic tvoří nedokonale vyvinutý krátce sloupcovitý krystal v křemeni a jehlicovitý agregát na puklině (NĚMEC 1990).

Chemické složení berylu z euxenitových pegmatitů je velmi neobvyklé (tab. 11). Typický je vysoký obsah Mg (0,38 apfu, 2,67 hm. % MgO), Fe^{3+} (0,17 apfu 2,50 hm. % Fe_2O_3) a Na (0,28 apfu, 1,56 hm. % Na_2O). Dále byl zjištěno Sc (0,03 apfu, 0,39 hm. % Sc_2O_3) a především Cs (≤ 0,15 apfu, 3,65 hm. % Cs_2O). Beryl z Kracovic nebyl detailněji studován.

Fenakit

Dosud byly popsány pouze dva vzorky fenakitu na lokalitách Terůvky a poblíž silnice na Slavice j. od Třebíče („Kamínky“). Tvoří drobné čočkovité čiré krystaly narostlé na amazonitu v dutinách. STANĚK (1973) uvádí změřený krystal (obr. 11), optické



Obr. 11. Krystal fenakitu z Třebíče, překresleno podle STAŇKA (1973).

Fig. 11. Crystal of fenakite from Třebíč redrawn from STANĚK (1973).

Tabulka 11. Reprezentativní analýzy berylu, millaritu a hambergitu (NOVÁK *et al.* 1998). Analýzy berylu byly normalizovány na 18 anionů, milarit na 31 anionů a hambergitu na 2 B. Obsah BeO a H_2O byl dopočten podle stechiometrie.

Table 11. Representative analyses of beryl, millarite and hambergite (NOVÁK *et al.* 1998). Analyses of beryl were normalized on 18 anions, milarite on 31 anions and hambergite on 2 B. BeO and H_2O contents were calculated from stoichiometry.

	beryl Koz	beryl Koz	milarite Koz	hambergite Kra	hambergite Kra
SiO_2	62,58	63,72	70,90		
Al_2O_3	13,47	13,91	5,69		
Sc_2O_3	0,29	0,15	0,02		
Fe_2O_3	1,46	1,15	0,04		
MgO	2,49	2,67	0,00		
CaO	0,01	0,04	11,06		
MnO	0,06	0,02	0,02		
Na_2O	1,08	1,64	0,03		
K_2O	0,40	0,16	4,18		
Rb_2O	0,00	0,00	na		
Cs_2O	3,65	1,54	na		
BeO*	13,06	13,29	4,95	52,67	53,31
B_2O_3	na	na	na	35,81	37,03
H_2O*	-	-	1,78	4,39	8,31
F				10,75	2,69
-O=F				-4,53	1,13
TOTAL	98,55	98,29	98,67	99,93	100,11
Si^{4+}	5,985	5,989	11,924		
Al^{3+}	1,518	1,541	1,128		
Sc^{3+}	0,024	0,012	0,003		
Fe^{3+}	0,105	0,081	0,005		
Mg^{2+}	0,355	0,374	0,000		
Ca^{2+}	0,001	0,004	1,993		
Mn^{2+}	0,005	0,002	0,003		
Na^{+}	0,200	0,299	0,010		
K^{+}	0,049	0,019	0,897		
Rb^{+}	0,000	0,000	na		
Cs^{+}	0,149	0,062	na		
Be^{2+}	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000
B^{3+}				1,000	1,000
H^{+}	-	-	2,000	0,463	0,867
F^{-}				0,537	0,133
CATSUM	11,391	11,383	17,962	4,000	4,000
ANSUM	18	18	31	4	4

vlastnosti a RTG data. Fenakit patří k primárním minerálům vznikajícím pravděpodobně až v hydrotermální fázi.

Hambergit

Dosud byl popsán pouze v pegmatitu z Kracovic ve dvou odlišných typech (HOUZAR 1987, NĚMEC 1990, NOVÁK *et al.* 1998), a to jako bezbarvá zrna v grafické jednotce asi 5 mm velká a nažloutlé zrno asi 10 mm velké v cukrovitém albitu. Je bohatý F, který dokonce mírně převažuje nad OH v některých analýzách (tab. 11).

Bavenit

Bavenit je uváděn jako produkt alterace berylu z Kožichovic II (HOUZAR 1993). Vyplňuje drobné trhliny v berylu a tvoří bílé jemně vláknité povlaky na pegmatitu v jeho blízkém okolí. NĚMEC (1990) jej popsal z Kracovic jako křídově bílé agregáty s radiálně paprsčitou strukturou. V obou případech byl určený na základě spektrální analýzy, RTG (Kožichovice, ústní sdělení D. Němce) a opticky (Kracovice).

Milarit

Milarit byl nově zjištěn jako drobné inkluze v berylu z Kožichovic I. Zřejmě vzniká hydrotermální alterací berylu. Jeho chemické složení ukazuje na zvýšený obsah Al (≤ 1,31 apfu, 6,55 hm. % Al_2O_3) a velmi nízký obsah Na_2O (≤ 0,02 apfu) (tab. 11).

Bertrandit

NĚMEC (1990) nalezl bertrandit jako asi 1 cm velký drůzovitý agregát v hrubě zrnitém pegmatitu. Určený byl spektrální analýzou a opticky.

7.2.4. Peraluminické minerály

Peraluminické minerály jsou s výjimkou turmalínu vzácné a patří sem i vzácný beryl oba popsané v jiné kapitole. Topaz a granát se vyskytují výhradně v Kracovicích. Velmi vzácný tinzenit byl zjištěn v euxenitovém pegmatitu v Klučově.

Topaz

Tento minerál tvoří bezbarvá, slabě nažloutlá až slabě namodralá štěpná zrna o velikosti až 4 cm v asociaci s albitem na okraji křemenného jádra. Většinou je poměrně čerstvý a velmi bohatý F (≤ 1,96 apfu; F 20,35 hm. %).

Skupina granátu

Také granát tvoří na lokalitě Kracovice tři odlišné texturně-parageneticke typy: (i) až 2 cm velké nedokonale omezené krystaly v asociaci s černým turmalínem a K-živcem; (ii) až 1 cm velké nedokonale omezené krystaly v asociaci se světle modrozeleným albitem a někdy zelenohnědým turmalínem, tento typ je téměř vždy zatlačovaný lupenitým zinnwalditem; (iii) drobná zrna kolem 3 mm v křemeni a albitu uvádí NĚMEC (1990). Barva granátu je světle červená až červenooranžová, často je doprovázen zirkonem.

Chemické složení granátu $Sps_{68-58}Alm_{38-25}Grs_{2-1}$ (NĚMEC 1990) ukazuje na poměrně vysoký obsah spessartinové složky, nízký obsah Ca a hlavně Mg. Neobvyklý je vysoký obsah Y (≤ 1,01, hm.% Y_2O_3, 0,05 apfu), místy nízký obsah F (≤ 0,06 apfu), P je pod mezí detekce. Jednotlivé texturně-parageneticke typy granátu nebyly detailněji studovány.

Tinzenit

Tinzenit vytváří anhedrální krystaly dosahující velikosti až 100 μm a vyskytuje se v asociaci s kasiteritem (obdobných rozměrů). Oba vyplňují drobné dutinky v hrubozrnném albitu v Klučově. V BSE obraze je tinzenit homogenní, ale jeho chemismus kolísá od téměř čistého tinzenitu směrem k manganaxinitu (tab. 4). Obsahy Ca se pohybují od 0,92 do 1,43 apfu (8,92–13,95 hm. % CaO) a Mn od 1,45 do 1,97 apfu (17,96–24,26 hm. % MnO). Zajímavé jsou vysoké obsahy SnO_2 až 0,86 hm. % (0,03 apfu Sn), podrobněji v ŠKODA a ČOPJAKOVÁ (2005). Jedná se o první potvrzený vstup Sn do struktury axinitu, který byl experimentálně prokázán NEKRASOVEM a KAŠIRTSEVOU (1975).

7.2.5. Další akcesorické, sekundární a nedostatečně určené minerály

Pyrit

Částečně nebo zcela přeměněné krystaly a zrnité agregáty pyritu se vyskytují v blokovém K-živci v mnoha žilách euxenitového subtypu. Pyrit je přeměněn na blíže nespecifikovaný oxid-hydroxid Fe (goethit?). Jeho chemické složení nebylo detailněji zkoumáno.

Galenit

Submikroskopická zrna galenitu dosahující velikosti pouze několika μm, byly ojediněle nalezeny v minerálech skupiny aeschynitu. Jeho chemické složení nebylo vzhledem k malým rozměrům detailněji zkoumáno.

Löllingit

Jako vzácná akcesorie je uváděn z Kracovic (NĚMEC 1990).

Fluorit

Slabé povlaky nafialovělého fluoritu byly nalezeny na puklinách granitické a blokové zóny na výchoze jedné z úzkých paralelních žil ve Vladislavi. Bezpochyby se jedná o velmi mladou mineralizaci. Vzácně se vyskytuje v Kracovicích, a to jako nepatrné fialové povlaky na trhlinách a ojediněle jako zrnitý produkt alterace topazu. Patří ke zřetelně mladším minerálům (HOUZAR 1987, NĚMEC 1990).

Opál

Povlaky opálu se vyskytují na puklinách pegmatitu v Kracovicích (NĚMEC 1990).

Anatas

Krystaly pravděpodobného anatasu vznikají během leukoxenizace ilmenitu. Dosahují velikosti do 100 μm a chemicky odpovídají čistému TiO_2 a nelze vyloučit, že jde o rutil.

Goethit

Pyrit je vždy zatlačen tmavě hnědým jemnozrnným často porézním agregátem pravděpodobného goethitu.

Apatit

Primární apatit zatím nebyl v pegmatitech TP dosud zjištěn. Porézní sekundární apatit na puklině je uváděn z Kracovic (NĚMEC 1990). Mikroskopický agregát apatitu obohaceného o REE byl vzácně nalezen v blízkosti rozloženého titanitu v pegmatitu u Klučova.

Sillimanit

Je uváděn ČECHEM (1957a) z pegmatoidní segregace odpovídající allanitovému subtypu z Chlumku. S ohledem na metaluminický charakater těchto pegmatitů je ale jeho výskyt málo pravděpodobný a nebyl nově potvrzen.

Epidot

Sekundární epidot vznikající zatlačováním allanitu-(Ce) byl zjištěn na řadě lokalit.

Chlorit

Biotit z pegmatitů je často silně chloritizovaný. Podle chemického složení odpovídá klinochlóru.

8. Shrnutí

8.1. Stavba pegmatitů a jejich textury

Studované pegmatity jsou uloženy v mateřských granitech TP s výjimkou lokality Kracovice, kde zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit proniká grafitickou rulou několik set metrů z. od okraje TP ve směrném pokračování výskytů euxenitových pegmatitů (obr. 5). Pegmatitové segregace, žíly, čočky nebo vzácněji komplikovanější tělesa mají přechodné kontakty s okolním durbachitem. Nebyly pozorovány žádné reakční lemy, ale v řadě případů je kontakt tektonicky modifikován. Typickým znakem většiny těles je zonální stavba, homogenní až jednoduchá u segregací a poměrně komplikovaná u některých euxenitových pegmatitů. Typické texturně-parageneticke jednotky zahrnují okrajovou, hrubě

zrnitou, granitickou jednotku a blokový K-živec a většinou i masivní křemen někdy vyvinutý do křemenného jádra. Aplitická, grafická a albitická jednotka jsou méně časté a především poslední dvě pak jednoznačně hojnější ve více frakcionovaných pegmatitech (např. albitizovaný euxenitový pegmatit z Klučova, zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit v Kracovicích); typická je téměř úplná nepřítomnost dutin v pegmatitech.

8.2. Mineralogická charakteristika pegmatitů TP

Charakteristickým znakem je převaha K-živců nad plagioklasy ve většině pegmatitů. Albitizace se ve větší míře uplatňuje jen ve více frakcionovaných euxenitových pegmatitech (např. Klučov, Kožichovice II) a v zinnwaldit-masutomilit-elbaitovém pegmatitu v Kracovicích. Typická je přítomnost amazonitu, i když výrazně zelené zbarvení se vyskytuje jen ojediněle především v euxenitových pegmatitech v blízkém okolí Třebíče, dále v Klučově, Kožichovicích, ale také v Boňově; amazonit zcela chybí v euxenitových pegmatitech u Vladislavi a i v oblasti Velké Meziříčí–Bochovice. Dále je typická nepřítomnost primárního muskovitu s výjimkou lokality Kracovice. Nejhojnější slídou allanitových a euxenitových pegmatitů je flogopit až Mg-annit většinou s nízkým obsahem Fe a velmi nízkým obsahem Mn, v Kracovicích jsou hojné Li-obsahující slídy zahrnující biotit, Fe-bohatý muskovit, zinnwaldit, Mn, Fe-bohatý lepidolit a masutomilit (Němec 1990, Novák *et al.* 1999), některé s velmi vysokým obsahem F a Li a také vysokým obsahem Mn a většinou s velmi nízkým obsahem Mg.

Vedle již uvedených slíd jsou typickými vedlejšími (někdy jen akcesorickými) minerály aktinolit, známý především z okrajových zón nebo pegmatoitních segregací, a hlavně turmalín (Novák 2000, Novák *et al.* 2003). Ten je přítomen v několika texturně-parageneticky typech a jeho složení se výrazně mění od Ca, Ti, Fe^{3+}-bohatého dravitu s poměrně nízkými obsahy Fe a hlavně Mn v primitivnějších euxenitových pegmatitech, přes Ca, Ti, Fe^{3+}-bohatý skoryl až Al-bohatý skoryl se zřetelně vyššími obsahy Fe a Mn v albitizovaném pegmatitu z Klučova, po skoryl až elbait s velmi vysokým obsahem Mn, ale velmi nízkým Mg v Kracovicích (obr. 6). V turmalínech se zároveň postupně zvyšuje obsah F od 0 do až 0,85 apfu. Podobný vývoj zjistil v turmalínech z pegmatitů v oblasti O'Grady batolitu, Kanada Ercit et al. (2003).

Typickými akcesoriemi jsou Y, REE, U, Th-minerály především Y, REE-silikáty a Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy zatímco Y, REE-fosfáty jsou velmi vzácné. U těchto minerálů sledujeme zřetelný vývoj od LREE dominantního silikátu (allanit-(Ce)) v allanitových pegmatitech a v okrajových zónách některých euxenitových pegmatitů, přes Y, LREE-oxidy (aeschynit-(Ce), nioboaeschynit-(Ce)) a Y, HREE-oxidy (aeschynit-(Y), polycras-(Y)) v euxenitových pegmatitech, po výrazně Y-dominantní oxidy (samarskit-(Y), fergusonit-(Y), yttropyrochlor) a vzácně i fosfáty (xenotim-(Y)) v Kracovicích. Zároveň se také mění vazba Y a REE přes silikátovou (allanit) a oxidickou s Ti ≥ Nb,Ta (aeschynit) až po oxidickou s Nb >> Ta,Ti (samarskit, yttropyrochlor); fosfátová vazba (monazit, xenotim) je velmi vzácná.

Další skupinou jsou minerály s podstatným obsahem Ti, Nb, Ta a W zahrnující hojný titanit a ilmenit a vzácné pseudorutil, niobový rutil, ixiolit, wolframoixiolit a columbit vedle již uvedených Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidů (skupina aeschynitu, samarskitu a pyrochloru a fergusonit). Také zde je zřejmý vývoj od vazby Ti na silikát (titanit), přes oxidy s Ti >> Nb,Ta a W (ilmenit, pseudorutil, niobový rutil, část aeschynitu) v méně frakcionovaných euxenitových pegmatitech, dále oxidy se zhruba srovnatelným množství Ti a Nb + Ta (část aeschynitu, pyrochlor) po oxidy s Nb >> Ti, Ta, W (skupina samarskitu, fergusonit, yttropyrochlor, ixiolit) a oxidy s Nb,W >> Ta,Ti (wolframoixiolit) v Kracovicích. Až na vzácné výjimky (tantalaeschynit-(Ce) – Klučov) je obsah Ta v oxidech nízký až velmi nízký.

Minerály Sn jsou jednoznačně vázány na nejvíce frakcionované pegmatity – albitizovaný euxenitový pegmatit z Klučova a zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kraco-

vic. Primárními nositeli Sn jsou kasiterit v Kracovicích a herzenbergit v Klučově. Zajímavý je také vysoký obsah (až 14 %) malayaitové komponenty v některých sekundárních titanitech. Podobné je chování Be minerálů, primární beryl a fenakit jsou přítomny v některých euxenitových pegmatitech, ale zcela chybí v silně albitizovaném pegmatitu Klučov, v Kracovicích se vyskytují beryl a hambergit.

Typickým znakem všech pegmatitů je velmi malé množství fosfátů; primární apatit nebyl dosud zjištěn a sekundární apatit je velmi vzácný, další fosfáty monazit a hlavně xenotim jsou rovněž velmi vzácné. Velmi nízké jsou také obsahy P v živcích. V pegmatitech TP jsou také vzácné sulfidy (pyrit, galenit, herzenbergit) a zcela zde chybí magnetit – běžný akcesorický minerál v některých NYF pegmatitech (např. WISE 1999, HANSON *et al.* 1992).

Část minerálů podlehla mladším hydrotermálním alteracím. Silně alterovaný allanit se rozpadá na směs mladšího epidotu, bastnäsitu a rhabdofánu. Minerály skupiny aeschynitu jsou někdy téměř zcela nahrazeny minerály skupiny pyrochloru. Pseudorutil a mladší titanit II zatlačují ilmenit, poblíž berylu se vyskytují bavenit, milarit a bertrandit. Velmi nestabilní byl také herzenbergit, dnes z podstatné části nahrazený směsí stokesitu, varlamoffitu a kasiteritu. Velmi hojná je chloritizace biotitu, sekundární muskovit po K-živci je ale poměrně vzácný. Velká část sekundárních minerálů má vysoký obsah Ca (pyrochlor, epidot, bastnäsit, titanit II, bavenit, stokesit) a většinou také nižší poměr Fe^{2+}/Fe^{3+} (pseudorutil, niobový rutil, epidot), což ukazuje na zvýšenou aktivitu Ca a vyšší f_{O2} při alteračních procesech. Zvýšenou aktivitu Ca při alteračních procesech v durchachitech TP zjistili také LEICHMANN *et al.* (2003).

Minerální asociace z pegmatitů TP s výjimkou Kracovic odpovídají běžným metaluminickým NYF pegmatitům allanitového a euxenitového subtypu (srovnej WISE 1999, ERCIT 2004, HANSON *et al.* 1992). Velmi neobvyklý je ale výskyt turmalínu, který je na některých žilách přítomen dokonce až ve vedlejším množství. Jeho chemické složení, tj. nízký obsah Al ale vysoké obsahy Ca, Mg, Ti a zřejmě i Fe^{3+} (obr. 6), jsou ale velmi odlišné od běžných granitických pegmatitů (NOVÁK *et al.* 2003, ERCIT *et al.* 2003). Poněkud neobvyklé je také velmi nízké množství fosfátů v pegmatitech především ve srovnání s hojným apatitem v mateřských granitech. Minerální asociace zinnwaldit-masutomilit-elbaitového pegmatitu z Kracovic je velmi zajímavá a zaslouží si detailnější pozornost (srovnej NĚMEC 1990, NOVÁK *et al.* 1999, NOVÁK 2005).

8.3. Geochemická charakteristika pegmatitů TP a frakcionační trendy

Na základě mineralogie studovaných pegmatitů a úzkého vztahu k mateřským granitům TP (I-typové melanokratní syenity až granity) lze studované pegmatity označit jako typické NYF pegmatity převážně s nízkou aktivitou F (s výjimkou lokality Kracovice, částečně také Klučova). Podle chemického složení hlavních a vedlejších minerálů lze většinu NYF pegmatitů TP charakterizovat jako metaaluminické horniny. Přítomnost turmalínu a berylu v některých tělesech posouvá jejich ASI do slabě peraluminického pole. Hojné Al-bohaté silikáty (elbait, muskovit, zinnwaldit, topaz, spessartin) pak ukazují na výrazně peraluminické prostředí v zinnwaldit-masutomilit-elbaitovém pegmatitu z Kracovic.

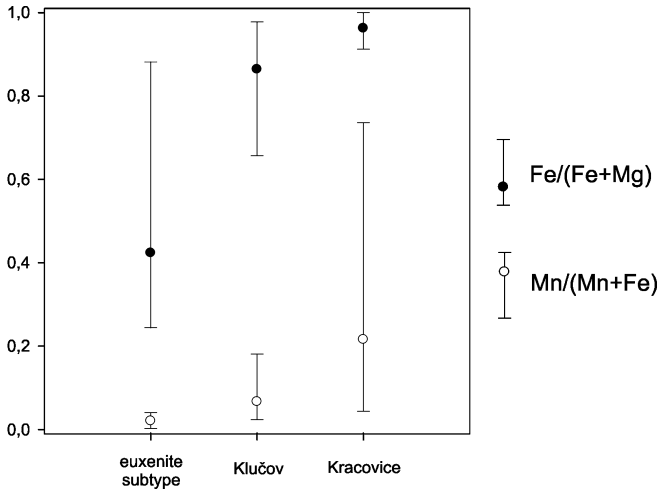
Z chemického složení relevantních minerálů je zřejmé, že pro většinu pegmatitů uvnitř TP je charakteristická nízká aktivita F, což lze dokumentovat nízkými obsahy F v turmalínech a slídách a absencí F bohatých minerálů a nízkým poměrem Y/Dy v Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidech (GRAMACCIOLI *et al.* 1999; GRAMACCIOLI a PEZZOTTA 2000). Zvýšená aktivita F byla pozorována pouze v albitizovaném euxenitovém pegmatitu u Klučova, kde jsou zvýšené obsahy F v turmalínech a také relativně vysoká hodnota Y/Dy v aeschynitu. Velmi vysoká aktivita F byla zjištěna pouze v zinnwaldit-masutomilit-elbaitovém pegmatitu od Kracovic, kde se běžně vyskytují F-bohaté minerály – topaz, hambergit, slídy a turmalíny a u řady z nich jsou obsahy F až extrémně vysoké (hambergit, část turmalínů, topaz; NOVÁK *et al.* 1998, NOVÁK 2000).

Aktivita B kolísala od zanedbatelné až po velmi vysokou. To lze doložit absencí/přítomností turmalínů, popřípadě dalších B-obsahujících minerálů – tinzenitu a hambergitu. Vysoká aktivita B byla zjištěna v euxenitovém pegmatitu u Klučova (hojný turmalín, vzácný tinzenit), v zinnwaldit-masutomilit-elbaitovém pegmatitu z Kracovic (hojný turmalín a řídký hambergit) a také v některých euxenitových a vzácně i allanitových pegmatitech (hojný turmalín). To ukazuje na to, že zvýšená aktivita B není na rozdíl od aktivity F tak jednoznačně spojená s nárůstem stupně frakcionace pegmatitů, ale i přesto je nárůst aktivity B se stupněm frakcionace zřejmý.

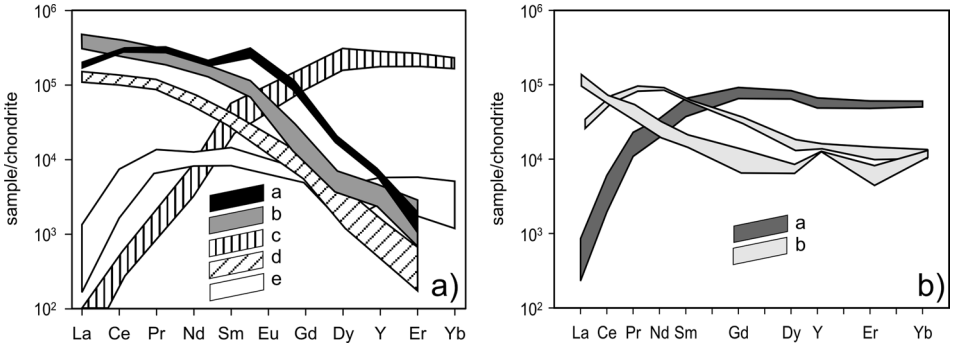
Nízké obsahy P v živcích a téměř úplná absence fosfátů dokládají nízkou aktivitu P v pegmatitech TP. V Kracovicích však byla aktivita P poněkud vyšší, o čemž svědčí relativně častější fosfáty Y a REE (monazit-(Ce) a xenotim-(Y)), sekundární apatit je ale velmi vzácný a také obsahy P v živcích jsou pod mezí detekce. Nízké obsahy P v pegmatitech jsou v kontrastu s vysokým obsahem P v mateřských granitech dokumentovaných hojným akcesorickým apatitem, ale také přítomností Y, REE-fosfátů (rhabdofán-(Ce), monazit-(Ce), xenotim-(Y), cheralit). O mírném zvýšení aktivity P v pegmatitech během alteračních procesů svědčí mírně zvýšené obsahy P v alterovaném allanitu a zirkonu a vznik sekundárního rhabdofánu a apatitu.

Pro minerály z většiny studovaných allanitových a euxenitových pegmatitů jsou typické nízké Fe/(Fe + Mg) a hlavně Mn/(Mn + Fe). Velmi nízké hodnoty Fe/(Fe + Mg) ve flogopitu a amfibolu jsou srovnatelné se slídami a amfiboly v mateřském granitu. Obsah Mn roste výrazněji pouze v euxenitovém pegmatitu u Klučova (Mn,Al-bohatý skoryl, tinzenit) a především v zinnwaldit-masutomilit-elbaitovém pegmatitu z Kracovic (elbait, spessartin, masutomilit, Mn-lepidolit, skupina samarskitu, wolframoixiolit). Vývoj složení je velmi dobře zachycen u turmalínu (obr. 12). Podobný vývoj lze zachytit i v Ti, Nb, Ta, W-oxidech od ilmenitu v euxenitových pegmatitech s Mn/(Mn + Fe) = 0,11–0,34 až po manganocolumbit z Kracovic s Mn/(Fe + Mn) = 0,93–0,94 a i ve zdejším samarskitu Mn převažuje nad Fe. Ixiolit a niobový rutil ukazují Fe >>> Mn, což je ale ovlivněno výrazně krystalovou strukturou obou minerálů.

Minerály s podstatným obsahem Y, REE, U a Th ukazují také vývoj složení od LREE > Y, HREE v primitivnějších pegmatitech, jako jsou allanitové, část euxenitových pegmatitů s allanitem-(Ce) a aeschynitem-(Ce) popř. nioboaeschynitem-(Ce), přes více frakcionované euxenitové pegmatity s aeschynitem-(Y), popř. nioboaeschynitem-(Y), kde LREE ≈ Y,HREE, po jasnou dominanci Y, HREE > LREE v samarskitu a fergusonitu z zinnwal-



Obr. 12. Frakcionace Fe/(Fe + Mg) a Mn/(Mn + Fe) v turmalínech z euxenitových pegmatitů (bez lokality Klučov), z albitizovaného pegmatitu v Klučově a z Kracovic.
Fig. 12. Frakcionation in Fe/(Fe + Mg) and Mn/(Mn + Fe) in tourmalines from euxenite pegmatites (except locality Klučov), albitized pegmatite at Klučov and from Kracovice.



Obr. 13. Chondritem normalizované obsahy REE a Y vybraných minerálů ze studovaných pegmatitů. Graf a): a) monazit-(Ce) – Kracovice, b) monazit-(Ce) – Vladislav (granitická a bloková zóna), c) allanit-(Ce) – Vladislav, Kožickovice, (granitická a bloková zóna), d) xenotim-(Y) – Kracovice, e) titanit – Vladislav, Kožichovice, Pozďátky. Graf b): a) nioboaeschynit-(Ce) – Kožichovice, Klučov a tantalaeschynit-(Ce) – Klučov, b) aeschynit-(Y), polycras-(Y), Pozďátka, Kožichovice, Vladislav.

Fig. 13. Chondrite normalized REE and Y contents in selected minerals from the pegmatites examined. Graph a): a) monazite-(Ce) – Kracovice, b) monazite-(Ce) – Vladislav (granitic and blocky zone), c) allanite-(Ce) – Vladislav, Kožickovice, (granitic and blocky zone), d) xenotim-(Y) – Kracovice, e) titanit – Vladislav, Kožichovice, Pozďátky. Graph b): a) nioboaeschynite-(Ce) – Kožichovice, Klučov and tantalaeschynite-(Ce) – Klučov, b) aeschynite-(Y), polycrase-(Y) – Pozďátka, Kožichovice, Vladislav.

dit-masutomilit-elbaitového pegmatitu v Kracovicích, kde byl výjimečně nalezen také xenotim-(Y). Normalizované obsahy REE u vybraných minerálů jsou uvedeny na obr. 13.

Minerály s podstatným obsahem Ti, Nb, Ta a W ukazují trend známý z granitických pegmatitů (např. Černý a Ercit 1985, 1989). Od allanitových pegmatitů s ilmenitem a titanitem, které jsou charakterizované minerály s Ti >> Nb,Ta,W, přes euxenitové pegmatity s ilmenitem, titanitem a hojným aeschynitem, kde Ti > Nb > Ta, W až Ti ~ Nb > Ta,W, po zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kracovic se samarskitem, fergusonitem, pyrochlorem a wolframoixiolitem, kde Nb > W, Ta, Ti až Nb, W > Ta > Ti.

Nárůst stupně frakcionace od primitivních allanitových pegmatitů přes běžné euxenitové pegmatity, albitizovaný euxenitový pegmatit z Klučova až po zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit v Kracovicích je velmi dobře dokumentován nárůstem obsahu Li, F, Al, Mn, Y, HREE, Nb a W, a výrazným poklesem Mg, Ca, Ti a LREE. Poněkud komplikovanější je chování Fe, jehož obsah v minerálech nejdříve roste (Klučov), ale potom s rostoucím obsahem Mn klesá (Kracovice). Nejvyšší obsahy Ta jsou známy v aeschynitu z některých euxenitových pegmatitů (např. Klučov), v Kracovicích je jeho množství většinou velmi nízké. Také chování Be přítomného v berylu a fenakitu z euxenitových pegmatitů a v berylu a hambergitu z Kracovic není jednoznačné. Nezjistili jsme jeho obohacení v nejvíce frakcionovaných pegmatitech. Dalším prvkem, jehož chování není jednoznačné, je B. Jeho koncentrace jsou obecně nejvyšší v nejvíce frakcionovaných pegmatitech (Kracovice, Klučov). V silně albitizovaném euxenitovém pegmatitu s berylem a niobovým rutilem Kožichovice II ale turmalín zcela chybí a naopak je hojný v primitivních allanitových pegmatitech u Ratibořic.

8.4. Distribuce granitických pegmatitů v TP

Granitické pegmatity jsou koncetrovány do několika oblastí (obr. 4) a nejbohatší výskyty leží jednoznačně v oblasti Třebíč-Vladislav (obr. 5). S ohledem na nízkou prozkoumanost celého území TP je ale velmi pravděpodobné, že budou objeveny další oblasti, i když se jen stěží podaří nalézt podobně bohaté výskyty jako v okolí Třebíče. Pokud se po-

kusíme rozlišit v rámci oblasti Třebíč-Vladislav nějakou protorovou zonálnost, zdá se, že stupeň frakcionace roste od V k Z, a kde jsou výskyty amazonitu a fenakitu a kde leží nejvíce frakcionovaný pegmatit z Kracovic. Minerály skupiny aeschynitu jsou ale koncentrovány hlavně na žilách v centru této oblasti. Zároveň se zdá, že směrem k J až k JZ roste množství turmalínu (Klučov). Všechny uvedené trendy jsou ale nevýrazné a nové výzkumy mohou tyto závěry změnit. Navíc se v rámci jedné lokality (např. Vladislav, Kožichovice) spolu vyskytují pegmatity allanitového a euxenitového subtypu. Potrzuje se, že v oblastech pegmatitů s REE-minerály (převážně NYF pegmatity) většinou není prostorová zonálnost vyvinuta (Ercit 2004).

8.5. Srovnání pegmatitů TP s jinými NYF pegmatity

Granitické NYF pegmatity TP jsou vázané na amfibol-biotitické melasyenity až melagranity (durbachity), lze tedy očekávat, že v jiných tělesech amfibol-biotitických durbachitů se můžeme setkat s podobnými pegmatity. Izolované drahonínské těleso, které zřejmě patří k TP, ale pegmatity neobsahuje. V jeho plášti ale byly v metamorfovaných horninách strážeckého moldanubika zjištěny dvě zonální žíly s Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy a berylem (Sojka 1969, Škoda 2003, Škoda a Novák 2004, Novák 2005). Přítomnost minerálů skupiny samarskitu a pyrochloru, dále ixiolitu a scheelitu v žíle Drahonín III ukazuje na vyšší stupeň frakcionace odpovídající spíše gadolinitovému subtypu. Poměrně hojný turmalín, muskovit a sekaninait pak naznačují výraznou kontaminaci z okolních hornin (Škoda a Novák 2004).

Pluton Čertova břemene je dalším durbachitovým tělesem, kde byly zjištěny podobné NYF pegmatity především v okolí Kovářova a Vepic u Milevska (Škoda *et al.* 2004). Tyto zonální pegmatity jsou uloženy přímo v durbachitech s přechodnými kontakty, mají ale často čočkovitý tvar a zvláště typická je přítomnost dutin s velkými a dokonale vyvinutými krystaly záhnědového křemene, dále albitu a titanitu. Nejvíce frakcionovaný pegmatit z lomu u Vepic je přítomností minerálů skupiny samarskitu, pyrochloru a columbitu vedle ilmenitu, titanitu, Be-minerálů milaritu a bertranditu podobný spíše pegmatitu Drahonín III a odpovídá zřejmě gadolinitovému subtypu (Škoda *et al.* 2004). Texturně a mineralogicky jednodušší pegmatity z plutonu Čertova břemene dosud nebyly detailněji studovány. Z tohoto pohledu jsou tedy studované euxenitové pegmatity z TP poněkud odlišné a v rámci Českého masívu neznáme podobné pegmatity. Euxenitové pegmatity v TP jsou pravděpodobně jediné výskyty minerálů skupiny aeschynitu a skupiny euxenitu v České masivu, přinejmenším na území ČR.

Srovnatelné pegmatity ve světě zahrnují v prvé řadě euxenitové NYF pegmatity z Trout Creek Pass, Chaffee County, Colorado, USA, které jsou uloženy v Denny Creek granodioritu – biotitickém granitu až křemenném monzonitu (Hanson *et al.*, 1992). Z akcesorických minerálů se zde vyskytují hojný magnetit, aeschynit-(Y), polycras-(Y), allanit-(Ce), monazit-(Ce) a řídký gadolinit-(Y). Po chemické stránce vykazují zdejší Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy nižší obsahy Ca, U, Th a Ta, a jsou více ochuzeny o LREE. Pegmatity euxenitového subtypu z Avorgno, Crana Valley, Viggezo Valley, Alpy, Itálie (Albertini a Anderson, 1989) se vyskytují v dvojslídných ortorulách a jejich typickým znakem je velké množství malých dutin. Akcesorické minerály jsou podobné euxenitovým pegmatitům z TP – allanit-(Ce), ilmenit., titanit, beryl, aeschynit-(Y), polykras-(Y), vyskytují se zde však také magnetit, hematit a gadolinit-(Y). Chemické složení Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidů lze jen těžko srovnat, protože bylo autory stanoveno jen malé množství vzácných zemin, ve srovnání s Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidy z pegmatitů v TP ale mají mnohem nižší obsah Ca. Srovnatelné jsou také proterozoické NYF pegmatity v oblasti Iveland, Evje, Norsko. Jsou ale uzavřeny v amfibolitech a jejich mateřský granit není znám. Na rozdíl od euxenitových pegmatitů TP jsou peraluminické (hojný granát, muskovit a beryl, vzácně chryzoberyl). Typickým znakem je přítomnost velkých zrn magnetitu, velké množství Y, REE-fosfátů (mo-

nazit-(Ce) a xenotim-(Y)) obohacení o Sc (thortveitit) a absence turmalínu. Ve srovnání s NYF pegmatity TP se zde vedle euxenitových pegmatitů s allanitem-(Ce), minerály skupiny aeschynitu a euxenitu hojně vyskytuje i více frakcionovaný gadolinitový subtyp s gadolinitem-(Y), minerály skupiny samarskitu, minerály skupiny thortveititu a jiné (BJØRLYKKE 1935). Pegmatity z této oblasti se svým peraluminickým charakterem a mineralogií spíše podobají pegmatitům Drahonín III a Drahonín IV (ŠKODA a NOVÁK 2004, NOVÁK 2005).

Zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kracovic se výrazně odlišuje od všech komplexních pegmatitů v Českém masívu. Jeho texturní vztahy i mineralogie jsou nejbližší elbaitovému pegmatitu ze Ctidružic (NOVÁK 2005), který leží asi 25 km na JJZ od Kracovic a proniká grafitické ruly. Vyskytuje se zde hojně světle zelený cukrovitý albit, beryl, hambergit, vzácný je muskovit, chemické složení turmalínů a slíd je velmi podobné (NOVÁK 2000, NĚMEC 1983). Na druhé straně je zde hojný apatit, zcela chybí topaz, Y, REE-minerály a spessartin neobsahuje Y.

Srovnání s jinými výskyty ve světě je komplikováno tím, že existuje jen malé množství informací o srovnatelných pegmatitech a často zcela chybí analýzy jednotlivých minerálů, bez nichž je podobné srovnání komplikované. Pegmatitu z Kracovic jsou v hrubých geochemických rysech značně podobné pegmatitům z Høydalenu, Tørdal, Norsko, a to především přítomností Li-slíd, Y, HREE-minerálů a vysokou aktivitou F a Be (ČERNÝ a ERCIT 1985). Pro pegmatity v Høydalenu je však typická absence primárního turmalínu, a přítomnost hojného gadolinitu-(Y) a amazonitu. Navíc zde byly v Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxidech (yttrotantalit, yttrocolumbit, mikrolit) zjištěny mnohem vyšší poměry Ta/(Nb + Ta). Další podobný pegmatit je Leduc Mine, Gatineau River, Quebec, Kanada, kde je typický hojný výskyt zinnwalditu a Li-turmalínů a dále také přítomnost topazu, uraninitu, zirkonu, fluoritu, euxenitu-(Y) a samarskitu-(Y) (HOGART *et al.* 1972, ERCIT 2004). Oblastí velmi podobnou TP je O'Grady batolit, N.W.T., Kanada a jeho pegmatity (ERCIT *et al.* 2003). NYF pegmatity obohacené REE jsou uloženy v amfibolických až amfibol-biotitických křemenných syenitech až granitech včetně silně frakcionovaného elbaitového pegmatitu s elbaity, polylithionitem, danburitem, hambergitem a řadou akcesorických minerálů. Tento pegmatit neobsahuje fosfáty a také Y, REE-minerály, které jsou ale běžné v jiných, méně frakcionovaných granitech a pegmatitech tohoto plutonu, např. monazit-(Ce), xenotim-(Y), allanit-(Ce), allanit-(La), fergusonit-(Y) a yttropyrochlor.

Výše uvedené srovnání ukazuje, že NYF pegmatity TP mají řadu geochemických a mineralogických rysů podobných jako jiné NYF pegmatity u nás i ve světě. Dobře zachycený je postupný nárůst stupně texturní diferenciace a geochemické frakcionace od mateřských granitů přes nejprimitivnější pegmatoidní segregace allanitového subtypu, žíly více či méně výrazně pokročilých pegmatitů euxenitového subtypu, kde lokalita Klučov s hojným turmalínem a Sn-minerály představuje nejvyšší stupeň frakcionace. Na něj navazuje Li,B,F,Mn,Al-obohacený zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kracovic, který svojí geochemickou signaturou a mineralogií odpovídá extrémně frakcionovanému NYF pegmatitu nebo patří do tzv. Mixed skupiny (srovnej ERCIT 2004, ČERNÝ a ERCIT 2005).

Poděkování

Autoři jsou zavázáni P. Uhrovi a J. Cempírkovi za kritické pročtení rukopisu práce. M. Dosbabovi, P. Škrdlovi, A. Indráčkovi a J. Cichovi děkují autoři za nepublikované informace o pegmatitech TP a jiných NYF pegmatitech v ČR. Za část analýz na elektronové mikrosondě jsme zavázáni J. B. Selway, University of Manitoba, Winnipeg. Práce byla podpořena projekty MSM0021622412 pro MN a MK00009486201 pro SH.

LITERATURA

ALBERTINI, C., ANDERSEN, T., 1989: Non-metamict orthorhombic AB_2O_6 Y-Nb-Ta-Ti oxides from a pegmatite in Arvogno, Crana Valley (Toceno, Vigezzo Valley, Northen Italy). - *Rendiconti Soc. Ital. Miner. Petrol.*, 43, 773-779.

BERNARD, J. H., (ed.) 1969 Mineralogie Československa. - Academia Praha. 396 stran

BERNARD, J. H., (ed.) 1981: Mineralogie Československa. - Academia Praha. 645 stran.

BERNARD, J.H., 2000: Minerály České republiky - stručný přehled. - Academia Praha. 186 stran.

BJØRLYKKE, H., 1935: The mineral paragenesis and clasifications of granitic pegmatites of Iveland, Setesdal, South Norway. - *Norsk. Geol. Tidsskrift.*, 14, 211-311.

BOUČEK, Z., CHMELAŘ, J., PLHAL, J., 1988: Geologická stavba a mineralizace uranového ložiska Jasenice. - *Sbor. Symp. Horn. Příbram* (*Geol. a technol. uranu, lithia, grafitu a vzác. zemin*) 67-78.

BOUŠKA, V., 1968: Metamiktní přeměna fergusonitu ze Žulové. - *Čas. Mineral. geol.*, 13, 11-22.

BOUŠKA, V., ČECH, F., JOHAN, Z., 1960: Study of some Czechoslovak metamict orthites. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 3-22.

BOUŠKA, V., JOHAN, Z., 1972: New data on písekite. - *Lithos*, 5: 93-103.

BUBENÍČEK, J., 1968: Geologický a petrografický vývoj třebíčského masívu. - *Sbor. geol. věd, Geol.*, 13, 133-164.

BURIÁNEK, D., 2003: Turmalinické granity moldanubika a saxothuringika - příklad využití turmalínu jako petrogenetického indikátoru. - *MS*, Doktorská práce, PřF MU v Brně, 256 p.

BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. - Mährens Minerale und ihre Literatur. - Nakl. ČSAV Praha, 1005 p.

BURNS, P.C., NOVÁK, M., HAWTHORNE, F. C., 1995: Fluorine-hydroxyl variation in hambergite: a crystal-structure study. - *Canad. Mineralogist*, 33, 1205-1214.

ČECH, F., 1957a: Priotit (blomstrandin) z Pozďátek u Třebíče. - *Čas. Mineral. geol.*, 2, 346-348.

ČECH, F., 1957b: Příspěvek k poznání pegmatitů v třebíčsko-velkomeziříčském masívu. - *Čas. Morav. muz., vědy přír.*, 40, 39-48.

ČECH, F., EWING, R.C., LUMPKIN, G.R., NOVÁK, M., 1999: Nb-Ta-Ti-REE oxides from NYF granitic pegmatites in the Třebíč durbachite massif, Czech Republic. - The E. E. Foord Memorial Symposium on NYF granitic pegmatites, Program and Abstracts. - *Canad. Mineralogist*, 37: 811-812.

ČECH, F., STANĚK, J., DÁVIDOVÁ, Š., 1981: Minerály pegmatitů. - In: Bernard J. H. (ed.) *Mineralogie Československa*. - Academia Praha. 98-183.

ČERNÝ, P., 1991: Rare-element granitic pegmatites. I. Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. - *Geosci. Canada*, 18: 49-67.

ČERNÝ, P., 2000: Constitution, petrology, affiliation and categories of miarolitic pegmatites. - *Mem. Soc. Italiana Scienze Nat. Mus. Civ. Storia Nat*, Milano, 3, 5-12.

ČERNÝ, P., ERCIT, T. S., 1985: Some recent advances in mineralogy and geochemistry of Nb-Ta in rare-element granite pegmatites. - *Bulletin de Minéralogie*, 108, 499-532.

ČERNÝ P., ERCIT, T. S., 1989: Mineralogy of niobium and tantalum: crystal chemical relationships, paragenetic aspects and their economic implications. - In: Möller P., Černý P., Saupé F., (eds.) - *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, 27-79. - Springer Verlag, New York.

ČERNÝ P., ERCIT, T. S., 2005: Classification of granitic pegmatites. - *Canad. Mineralogist*, 46, 2005-2026.

DVORSKÝ, F., 1898: O předních nalezištích nerostů na západní Moravě. - *Annales Mus. Franciscei*, Brno, 91-106.

ERCIT, T. S., 2004: REE-enriched granitic pegmatites. - In: R. L. Linnen, I. M. Samson (eds.): Rare-element geochemistry and ore deposits. - *GAC Short Course Notes*, 17, 257-296.

ERCIT, T. S., 2005: Identification and alteration trends of granitic-pegmatite-hosted (Y, REE, U, Th)-(Nb, Ta, Ti) oxide minerals: a statistical approach. - *Canad. Mineralogist*, 43, 1291-1303.

ERCIT, T. S., GROAT, L. A., GAULT, R. A., 2003: Granitic pegmatites of the O'Grady Batholith, N.W.T., Canada: a case study of the evolution of the elbaite subtype of rare-element granitic pegmatite. - *Canad. Mineralogist*, 41, 117-137.

FINGER, F., ROBERTS, M. P., HAUNSCHMID, B., SCHERMAIR, A., STEYRER, H. P. 1997: Variscan granitoids of central Europe: their typology, potential sources and tectonotherm relations. - *Mineral. Petrol.*, 61, 67-96.

FOLEY, S., F., VENTURELLI, G., GREEN, D., H., TOSCANI, L., 1987. The ultrapotassic rocks; characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. - *Earth Sci. Rev.* 24, 81-134.

GRAMACCIOLI, C. M., DIELLA, V., DEMARTIN, F., 1999: The role of fluoride comlexes in REE geochemistry and the importance of 4f electrons: some examples in minerals. - *Eur. J. Mineral.*, 11, 983-992.

GRAMACCIOLI, C. M., PEZZOTTA, F., 2000: Geochemistry of Yttrium with respect to rare-earth elements in peg-

matities. – *Soc. Ital. Sci. Nat. Milano, Spec. Vol.*, 30, 111–115.
HANSON, S. L., SIMMONS, W. B.,WEBBER, K. W., FALSTER, A. U., 1992: Rare-earth-element mineralogy of granitic pegmatites in the Trout Creek Pass district, Chaffee county, Colorado. – *Canad. Mineralogist*, 30, 673–686.
HOGGART, D. D., MOYD, L., ROSE, E. R., STEACY, H. R., 1972: Classic mineral collecting localities in Ontario and Quebec. – XXIV International Geological Congress, Montreal, Quebec, 1972, Excursions A47–C47.
HOLUB, F., V., 1988: Hlubinné procesy vzniku draselných lamproidních magmat Českého masívu. – *Acta Univ. Carol., Geoch.*, 4, 482–484.
HOLUB, F. V., 2004: Stop III. Vladislav: potassic rocks of the Třebíč Pluton. – International workshop on petrogenesis of granulites & related rocks. Excursion Guide & Abstract Volume. Náměšť nad Oslavou, October 1–3. 2004, 16–20.
HOLUB, F. V., COCHERIE, A., ROSSI, P., 1997b: Radiometric dating of granitic rocks from the Central Bohemian Plutonic Complex (Czech Republic): constraints on the chronology of thermal and tectonic events along the Moldanubian-Barrandian boundary. – *C. R. Acad. Paris, Earth & Planet. Sci.*, 325, 19–26.
HOLUB, F. V., MACHART, J., MANOVÁ, M., 1997a: The Central Bohemian Plutonic Complex: Geology, chemical composition and genetic interpretation. – *Sbor. geol. Věd, ř. Geol. mineral.*, 31, 27–50.
HOUZAR, S., 1987: Nový lithný pegmatit z Kracovic u Třebíče. – *Acta Sci. nat. Musei Moraviae occident*, 15, Třebíč, 1–4.
JANOUŠEK, V., BOWES, D. R., ROGERS, G., FARROW, C. M., JELÍNEK, E., 2000: Modelling diverse processes in the petrogenesis of a composite batholith: the Central Bohemian Pluton, Central European Hercynides. – *Journ. Petrol.*, 41: 511–543.
KALÁŠEK, J., 1954: O turmalinických horninách na Třebíčsku. – *Sbor. Přírod. Klubu v Třebíči*, 6, 3–16.
KOLENATI, F. A., 1854: Die Mineralien Mährens und Osterr.-Schlesiens, deren Fundorte und okonomish-technische Verwendung. – Brno, 123 p.
KOTKOVÁ, J., SCHALTEGGER, U., LEICHMANN, J., 2003: 338–335 Ma old intrusions in the E Bohemian massif – a relic of the orogen-wide durbachitic magmatism in European Variscides. – *Journ. Czech Geol. Soc.*, 48, 80–81.
KREJČÍ A., 1923: Písekit, nový radioaktivní nerost nebo klamotvar. – *Čas. Mineral. geol.*, 1, 1–5.
KRUŤA, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1965. – Moravské muzeum, Brno, 380 p.
LEICHMANN, J., BROSKA, I., ZACHOVALOVÁ, K., 2003. Low-grade metamorphic alteration of feldspar minerals: a CL study. – *Terra Nova*, 15, 2, 104–108.
LEICHMANN, J., GAWEDA, A., 2002: Niemcza Zone Granitoids – Durbachites in the Sudets. – *Geolines*, Praha 5, 14, 60.
LONDON, D., 1992. Phosphorus in S-type magmas: The P_2O_5 content of feldspars from peraluminous granites, pegmatites, and rhyolites. – *Amer. Mineralogist*, 77, 126–145.
LONDON, D, ČERNÝ, P, LOOMIS, J. L., PAN, J. J., 1990: Phosphorus in alkali feldspars of rare-element granitic pegmatites. – *Canad. Mineralogist*, 28, 771–786.
MÍSAŘ, Z., DUDEK., A., HAVLENA, V., WEISS, J., 1983: Geologie ČSSR I. Český masív. – SPN Praha, 333 p.
NEKRASOV, I., J., KASHIRTSEVA, G. A., 1975: Hydrothermal synthesis of stanniferous axinite. – *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 222, 1–6, 121–123.
NĚMEC, D., 1976: Triclinity of potassium feldspars in the Třebíč-Meziříčí massif (Western Moravia). – *Tscherm. Miner. Petr. Mitt.*, 23, 167–174.
NĚMEC, D., 1982: Randaplite des Massivs von Třebíč-Meziříčí (Westmähren). – *Chem. d. Erde*, 41, 7–17.
NĚMEC, D., 1983: Masutomilite in lithium pegmatites of West-Moravia. – *N. Jb. Miner. Mh.*, 1983, 537–540.
NĚMEC, D., 1990: Neues zur Mineralogie eines Hambergit-führenden Pegmatitigangs von Kracovice (bei Třebíč, Westmorava, ČSFR). – *Z. geol. Wiss.*, 18, 1105–1115.
NĚMEC, F., 1946: Oblast hostákovských křemenů. – *Sbor. Přírod. Kl. v Třebíči za rok 1939–1944*, 4, 63–80.
NOVÁČEK, R., 1932: Fergusonit z Frýdberka. – *Příroda*, 25, 18–20.
NOVÁK, M., 2000: Compositional pathways of tourmaline evolution during primary (magmatic) crystallization in complex (Li) pegmatites of the Moldanubicum, Czech Republic. – *Mem. Soc. Italiana Scienze Nat. Mus. Civ. Storia Nat*, Milano, 30, 45–56.
NOVÁK, M., 2005: Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika), geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. – *Acta. Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 90, 3–74.
NOVÁK, M., BURNS, P. C, MORGAN, G. B. VI, 1998: Fluorine variation in hambergite from granitic pegmatites. – *Canad. Mineralogist*, 36: 441–446.
NOVÁK, M., ČECH, F., 1995: Scandian columbite and niobian rutile from pegmatites penetrating the Třebíč durbachite massif, western Moravia, Czech Republic. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 80: 3–8.
NOVÁK, M., ČERNÝ, P., SELWAY, J. B., 1999: The zinnwaldite-masutomilite-elbaite pegmatite at Kracovice from

the Třebíč durbachite massif – a complex pegmatite related to the NYF family. – The Eugene E. Foord Memorial Symposium on NYF-type Pegmatites, Denver, Colorado. – *Canad. Mineralogist*, 37, 815–816.

NOVÁK, M., HOUZAR, S., 1996: The HT/LP metamorphism of dolomite marbles in the eastern part of the Moldanubicum; a manifestation of heat flow related to the Třebíč Durbachite Massif. – *J. Czech Geol. Soc.*, 41, 139–146.

NOVÁK, M., JILEMNICKÁ, L., 1988: Ilmenite from pegmatites of western Moravia. – *Čas. Mineral. geol.*, 33: 411–417.

NOVÁK, M., SELWAY, J. B., ŠKODA, R., 2003: Tourmaline from the NYF pegmatites; example from the Třebíč massif. – International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Book of Abstracts: 55–56.

POUCHOU, J. L., PICHOIR, F., 1985. "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. *Microbeam Anal.* 20, 104–105.

REJL, L., SEDLÁK, J., 1987: Přínos geofyzikálního mapování k poznání geologické stavby a metalogeneze třebíčského a jihlavského masívu. – *Geol. průzk.*, 5, 134–136.

SEKANINA, J., 1928: Nerosty moravských pegmatitů. – *Čas. Morav. zem. mus.*, 26, 113–224.

SOJKA, A., 1969: Mineralogické a texturně paragenetické poměry pegmatitů na ložisku Olší. – *MS* diplomová práce, PřF MU, Brno.

STANĚK, J., 1973: Phenakite from Třebíč, Czechoslovakia. – *Čas. Morav. muz., Vědy přír.* 58, 49–52.

SUESS, F. E., 1906: Erläuterungen zur Geologischen Karte, Trebitsch und Kromau. – *Verh. der k. k. Geol. Reichsanst.*, Wien, 72 p.

SULOVSKÝ, P., 2000: Srovnání chemismu třebíčského durbachitu a jiných durbachitů. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1999*, 135–140.

ŠKODA, R., 2003: Minerály Y, REE, Ti, Nb a Ta z NYF pegmatitů Českého masívu. – *MS* diplomová práce, PřF MU, Brno.

ŠKODA, R., ČOPJAKOVÁ, R., 2005: Neobvyklá Sn-mineralizace z NYF pegmatitu u Klučova; třebíčský masiv, moldanubikum. – *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2004*, 93–97

ŠKODA, R., NOVÁK, M., 2004: Akcesorické Nb–Ta–Ti minerály z pegmatitu v uranovém dole Drahonín, strážecké moldanubikum. – *Acta Musei Moraviae, Sci. Geol.*, 89, 55–66.

ŠKODA, R., NOVÁK, M., 2006: Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxide (AB_2O_6) minerals from Rel-Ree euxenite-subtype pegmatites of the Třebíč pluton, Czech Republic; ubstitutions and fraction trends. – *Lithos*, v tisku

ŠKODA, R., NOVÁK, M., ČERNÝ, P., ČERNÝ, P., 2004: Komplexní Nb–Ta–Ti oxidy z pegmatitu ve Vepicích u Milevska, masiv Čertova břemene, moldanubikum. – *Bull. Mineral-petrolog. Odd. Nár. Muz.*, 12, 182–185.

WISE, M. A., 1999: Characterization and classification of NYF-type pegmatites. – The Eugene E. Foord Memorial Symposium on NYF-type Pegmatites, Denver, Colorado. – *Canad. Mineralogist*, 37, 802–803.

ZACHOVALOVÁ, K., LEICHMANN, J., ŠTELCL, J., 1999: Petrologie, geochemie a přirozená radioaktivita durbachitů třebíčského masívu podél třebíčského zlomu. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 84, 71–88.

ZAPLETAL, K., 1934: Minerogenetické poměry země Moravskoslezské. – *Sbor. Čes. Vys. šk. techn. v Brně*, 8, 1–26.