ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
XC (2005): 3–74, 2005

GRANITICKÉ PEGMATITY ČESKÉHO MASIVU (ČESKÁ REPUBLIKA); MINERALOGICKÁ, GEOCHEMICKÁ A REGIONÁLNÍ KLASIFIKACE A GEOLOGICKÝ VÝZNAM

GRANITIC PEGMATITES OF THE BOHEMIAN MASSIF (CZECH REPUBLIC); MINERALOGICAL, GEOCHEMICAL AND REGIONAL CLASSIFICATION AND GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

MILAN NOVÁK

Abstract

Novák, M., 2005: Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika); mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 90, 3–74 (with English summary).

Granitic pegmatites of the Bohemian Massif (Czech Republic); mineralogical, geochemical and regional classification and geological significance

Granitic pegmatites of the Bohemian Massif, Czech Republic were classified based on their geological position, chemical composition and mineralogy. The current classification (Černý 1991a) was modified due to a wide spectrum of examined pegmatitic rocks involving primitive pegmatites - coarse-grained leucosome with pegmatitic textures, highly evolved pegmatites - complex (Li) pegmatites with zoned internal structure as well as pegmatites contaminated from host rocks. The granitic pegmatites were discussed as members of their host regional units of the Bohemian Massif: Moldanubicum, Bohemicum, Saxothuringicum, Lugicum and Moravo-Silesian (Silesicum, Brunovistulicum, Moravicum). The pegmatites of distinct classes: abyssal class (rare in the Moldanubicum and Saxothuringicum), muscovite-class (common in Silesicum), muscovite-rare-element class (common in Bohemicum), rare--element class (the most abundant, common in all regional units) and miarolitic class (common in Lugicum, rare in Moldanubicum). The evident differences were found in chemical composition and mineralogy (activity of volatile components B, F and P, presence of Be-, Li- and REE-bearing minerals) and age (preVariscan – Bohemicum, Moravo-Silesian, Variscan – Moldanubicum, Saxothuringicum, Lugicum, Silesicum).

Key words: mineralogy, geochemistry, classification, granitic pegmatites, regional distribution, Bohemian Massif, Czech Republic

Milan Novák – Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Brno, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic, mnovak@sci.muni.cz.

1. Úvod

Granitické pegmatity a především jejich nejvíce frakcionované typy (pegmatity obsahující minerály Be, Li, Cs, Sn, Nb, Ta, Zr, Hf, REE, Y, F, P, B) reprezentují nejvyšší

stupeň diferenciace granitických hornin. Proto mohou poskytnou důležité informace o trendech vývoje jednotlivých magmatických komplexů, popř. o jejich protolitech. Vztah k okolním magmatickým a metamorfovaným horninám (převážně diskordantní) stejně jako minerální asociace pegmatitů podávají důležitou informaci o relativním stáří pegmatitů a o jejich vztahu k tektonickým a metamorfním procesům určité oblasti.

Granitické pegmatity jsou na území České republiky poměrně rozšířené horniny a byla jim věnována značná pozornost především ze strany mineralogů (např. práce V. Boušky, F. Čecha, P. Černého, D. Němce, M. Nováka, P. Povondry, J. Sekaniny, J. Staňka a řady dalších). Až na výjimky (např. Z. Vejnar, M. Kužvart, D. Němec, P. Černý, J. Duda a K. Breiter) se ale granitickými pegmatity nezabývali petrologové a geologové. Vzhledem k výraznému zaměření na studium minerálů pegmatitů jsou naše znalosti o jejich geologické pozici, vztahu pegmatitů k mateřským granitickým horninám a ke geologickému vývoji oblasti, v nichž se vyskytují, poměrně malé.

V této práci jsou shrnuty poznatky autora o granitických pegmatitech Českého masivu založené na dlouholetém terénním výzkumu a na značném množství analytických dat. Práce je zaměřena na velmi široké spektrum pegmatitových hornin od silně texturně diferencovaných a geochemicky frakcionovaných pegmatitů magmatogenního původu (např. komplexní pegmatity s Li-minerály) až po primitivní pegmatity s jednoduchou vnitřní stavbou a minerálním složením jak magmatogenního tak metamorfogenního původu (např. hrubě zrnité leukosomy migmatitů s cordieritem nebo primitivní pegmatity s turmalínem). Protože jsou primitivní pegmatity v některých jednotkách Českého masivu značně rozšířené, jsou v této práci detailněji diskutovány a členěny. Tomu je přizpůsobena a poněkud upravena klasifikace jednotlivých pegmatitů i pegmatitových oblastí.

Autor přináší v této publikaci širší pohled na granitické pegmatity a mineralogické a geochemické informace jsou základem pro diskusi především regionálních a v menší míře i obecných problémů. Práce proto nepředstavuje vyčerpávající výčet minerálů, lokalit a mineralogických prací věnovaných granitickým pegmatitům. Je určena nejen těm, kteří granitické pegmatity přímo studují, ale především geologům řešícím regionální a geotektonické problémy a geologům zabývajícím se granitickými horninami. Využití studia granitických pegmatitů k řešení geologické stavby jednotlivých regionů nebo vývoje magmatických komplexů včetně radiometrického datování (např. Košler et al. 1994, Glodny et al. 1998, Novák et al. 1998a, Ertl et al. 2004) může být velmi slibné (Novák 2001), ale zatím je jen sporadické. V neposlední řadě je publikace určena také sběratelům, kteří sbírají minerály pegmatitů, a to nejen ty atraktivní, ale hlavně zajímavé a vzácné. Právě ty totiž bývají často zdrojem geologicky důležitých informací.

2. Používané termíny

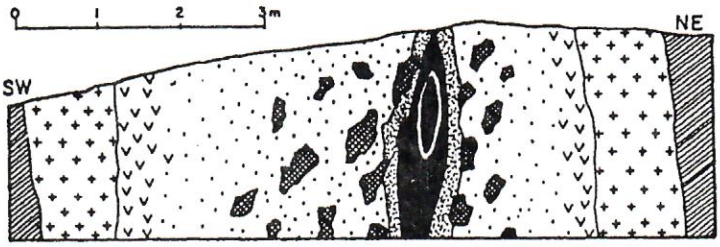
V textu práce jsou často používány termíny týkající se granitických pegmatitů, které nejsou běžné v geologických, ale ani v řadě mineralogických prací. Také je nutné vymezit pojem granitický pegmatit používaný v této práci.

Granitický pegmatit – existuje několik definicí od různých autorů, které více či méně zvýrazňují texturní, mineralogické a/nebo geochemické rysy pegmatitů. Jako granitické pegmatity označujeme magmatické horniny (všechny nebo téměř všechny minerály pegmatitů vznikly utuhnutím ze silikátové taveniny), jejichž celkové složení (celého tělesa) je blízké granitu, a které tvoří spíše malá (maximálně zhruba 100 m mocná, většinou pouze několik m), převážně žilná tělesa (mohou mít také čočkovitý i zcela nepravidelný tvar).

Typickým znakem je zonální stavba pegmatitových těles, především těch více frakcionovaných (jen vzácně jsou tyto pegmatity téměř homogenní), a dále je charakteristická přítomnost pegmatitových textur (např. grafické srůsty křemene a K-živce případně křemene a jiných minerálů, velké krystaly minerálů o objemu až několik m^3; viz. termín Texturní diferenciace). Protože granitické pegmatity představují nejvíce frakciované členy vývoje magmatických komplexů, uplatňují se v jejich složení ve větší míře tzv. inkompatibilní (litofilní) prvky a obsahují řadu vzácných v jiných horninách téměř neznámých minerálů (viz. termín Geochemická frakcionace).

Podle původu taveniny můžeme pegmatity rozdělit do dvou hlavních skupin: (i) pegmatitová tavenina je produktem diferenciace a frakcionace granitické taveniny (magmatogenní pegmatit), (ii) pegmatitová tavenina je produktem natavení (metamorfogenní pegmatit) jiné horniny (hlavně metapelitů) a k procesům diferenciace a frakcionace zde nedošlo vůbec nebo jen v malé míře. Svým vznikem i složením jsou magmatogenní pegmatity příbuzné pegmatoidním granitům, od nichž jsou často odvozeny, u nás např. Čertovy kameny u Jeseníku nebo Přibyslavice u Čáslavi, a dále vysokoteplotním žilným ložiskům Sn, popř. W a Mo a greisenům (např. amblygonitový žilník s kasiteritem z Vernéřova u Aše). Některé metamorfogenní pegmatity jsou blízké metatektům v migmatitech (např. cordieritem bohaté hrubozrnné partie metatektu v Horních Borech) nebo i vysokoteplotní alpské paragenezi (např. primitivní „pegmatitové" žíly s hojným křemenem, s andalusitem, turmalínem, chloritem, muskovitem a karbonáty z Horních Borů). Granitické pegmatity popisované v této práci proto zahrnují výrazně širší spektrum pegmatitů, než je běžně uváděno v klasifikacích granitických pegmatitů (např. Černý 1991a).

Texturní diferenciace – typickým znakem většiny granitických pegmatitů (hlavně magmatogenních ale vzácně i metamorfogenních) je zonální stavba (obr. 1). Ta je produktem texturní diferenciace, kdy během krystalizace vznikají postupně jednotlivé jednotky (zóny) s odlišnou texturou, velikostí zrna i mineralogickým (chemickým) složením. Tyto jednotky mohou tvořit jasně definovatelné a souvislé zóny (hlavně granitická jednotka nebo křemenné jádro) nebo jen nepravidelné partie i značných rozměrů (např. albitová nebo lepidolitová jednotka). V textu je proto více užíván termín jednotka, který nám označuje určitý typ horniny bez informace o jeho tvaru a velikosti v rámci pegma-



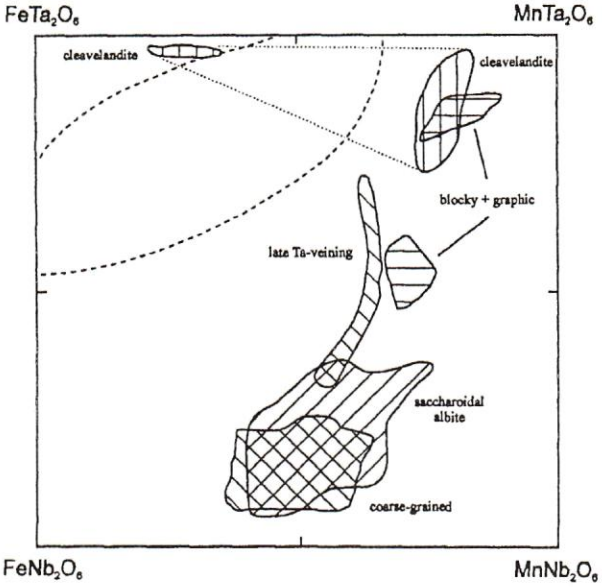
Obr. 1. Idealizovaný řez zonálním lepidolitovým pegmatitem v Dobré Vodě (Novák a Černý 1998). Křížky – granitická jednotka, vvv – grafická jednotka, řídké tečky – muskovit-albitová subjednotka, husté tečky – vnější lepidolit-albitová subjednotka, černá vnější – vnitřní lepidolit-albitová subjednotka, černá vnitřní - lepidolitové jádro, mřížkované partie – blokový K-živec.

Fig. 1. Cross section through zoned lepidolite pegmatite at Dobrá Voda (Novák and Černý 1998). Crosses – granitic unit, vvv – graphic unit, open stipple – muscovite-albite unit, dense stipple – outer lepidolite-albite unit, black outer – inner lepidolite-albite subunit, black inner – lepidolite core, cross-hatched – blocky K-feldspar.

titového tělesa. Je obecnější než termín zóna, která nám už jasně definuje způsob vystupování v pegmatitovém tělese. Příkladem je zonálnost běžně vyvinutá od okraje do středu na pegmatitových žilách: granitická zóna (velikost zrna ~ 0,1–2 cm, křemen + K-živec + kyselý plagioklas + biotit ± muskovit), grafická zóna (velikost zrna ~ 0,5–5 cm, křemen+ + K-živec), bloková zóna (velikost zrna až několik m, K-živec), křemenné jádro. Ve více diferencovaných pegmatitech se objevují také albitová jednotka jako jasně definovaná zóna nebo jen partie, ale někdy i značných rozměrů, lepidolitová jednotka popř. blokový spodumen nebo blokový petalit většinou situované mezi blokovým K-živcem (zóna blokového K-živce) a křemenným jádrem.

Texturně-parageneticka jednotka – jednotlivé zóny v pegmatitech bývají složeny z texturně i mineralogicky odlišných hornin někdy monominerálních. Protože ale v řadě pegmatitů nejsou tyto texturně a mineralogicky odlišné horniny uspořádány v zónách, ale ve více či méně nepravidlených partiích různé velikosti, je pro označení typu horniny používán termín texturně-paragenetická jednotka (unit) bez ohledu na to, jak velké partie tvoří. Mezi typické texturně-paragenetické jednotky pegmatitů patří např. granitická jednotka, grafická jednotka, blokový K-živec, blokový křemen, albitová jednotka, aj.

Geochemická frakcionace – během frakční krystalizace v taveninách dochází ke koncentraci některých prvků (bývají označovány jako inkompatibilní) v závěrečných fázích krystalizace. Tento vývoj lze velmi dobře dokumentovat poměry vybraných prvků, např. K/Rb, K/Cs, Fe/Mn, Mg/Fe, Al/Ga, Zr/Hf, Nb/Ta a řada dalších, které se s nárůstem frakcionace snižují, (často se používají také jiné poměry Ta/(Ta+Nb), Mn/(Mn+Fe) aj.), a dále také zvýšenou koncentrací některých prvků, např. Li, Be, Sn, Ta, Rb a Cs. Stupeň frakcionace se odráží jak ve vzniku nových fází, např. Be-minerálů (beryl, fenakit aj.), Li-minerálů (trifylín, lepidolit, petalit, spodumen, elbait, amblygonit), Cs-minerálů (polucit), tak ve změně chemického složení u jednotlivých skupin minerálů s nárůstem stupně frakcionace, např. slídy: biotit → muskovit → trilithionit → polylithionit, granáty: almandin → spessartin, columbit-tantalit: ferrocolumbit → manganocolumbit → manganotantalit (obr. 2), turmalíny: dravit → skoryl (foitit) → elbait → rossmanit. Právě v granitických pegmatitech (magmatogenních) byly popsány nejvyšší stupně frak-



Obr. 2. Vývoj složení columbit-tantalitu v beryl-columbitovém pegmatitu z lokality Maršíkov – Scheibengraben (Novák et al. 2003a). V obrázku označeny jednotlivé texturně paragenetické jednotky: coarse-grained – hrubě zrnitá jednotka, blocky-graphic – bloková až grafická jednotka, cleavelandite – cleavelanditová jednotka, saccharoidal – jednotka cukrovitého albitu.

Fig. 2. Compositional evolution of columbite-tantalite in the beryl-columbite pegmatite from the locality lokality Maršíkov – Scheibengraben (Novák et al. 2003a). Textural-paragenitic units given in the figure.

cionace (např. Černý et al. 1985, Schmakin et al. 1999) a také výrazný nárůst frakcionace v měřítku několika m (v rámci pegmatitového tělesa) nebo jen několika mm (v rámci jednoho zrna). V metamorfogenních pegmatitech je stupeň frakcionace velmi nízký. Geochemická frakcionace a texturní diferenciace spolu většinou úzce souvisí, i když vysoký stupeň texturní diferenciace nemusí být nutně spojen s vysokým stupněm frakcionace a naopak.

Anatexe – proces, při němž dochází za vysoké teploty (většinou nad 700 °C) k natavení (anatexi) hornin a vzniklá tavenina buď utuhne na místě vzniku, nebo je přemístěna na jiné místo, kde dojde k jejímu utuhnutí. Tímto způsobem vznikají migmatity (utuhnutí na místě, velikost polohy v mm až cm) i anatektické (metamorfogenní) pegmatity (žádná nebo krátká migrace taveniny, vznik žilného tělesa někdy se zonální stavbou, velikost v cm až m). Typickým znakem těchto anatektických pegmatitů je jednoduchá stavba a většinou i jednoduché mineralogické složení podobné nataveným partiím – metatektům migmatitů (cordierit, turmalín, biotit, granát, apatit, dumortierit).

Kontaminace – proces, při němž dochází k přínosu látek z okolních hornin do pegmatitu. Charakteristickým rysem je přítomnost takových chemických látek, resp. minerálů, které tyto látky obsahují a které nemohou být produktem běžné frakcionace granitické taveniny. Typickým příkladem jsou např. pegmatity pronikající serpentinity, které jsou obohaceny Mg (obsahují např. hojný cordierit, dravit nebo biotit bohatý Mg), nebo pegmatity pronikající Fe-skarny, které jsou obohaceny Fe (obsahují Fe-bohaté amfiboly a pyroxeny nebo epidot). Vlastní proces kontaminace je ale jen velmi málo prozkoumaný. Nevíme přesně, jakými mechanismy a ve kterých fázích vývoje pegmatitu dochází ke kontaminaci. Protože se ukazuje, že hlavní část krystalizace více frakcionovaných granitických pegmatitů probíhá v uzavřeném nebo téměř uzavřeném systému (Novák 2000), zdá se, že ke kontaminaci dochází především během pohybu pegmatitové taveniny od zdroje na místo krystalizace a/nebo okamžitě po vmístění taveniny do hostitelské horniny. Jakmile vznikne okrajová pegmatitová zóna, proces kontaminace se zastaví zhruba až do konce primární krystalizace z taveniny, potom se systém znovu otevře přínosu látek z okolí.

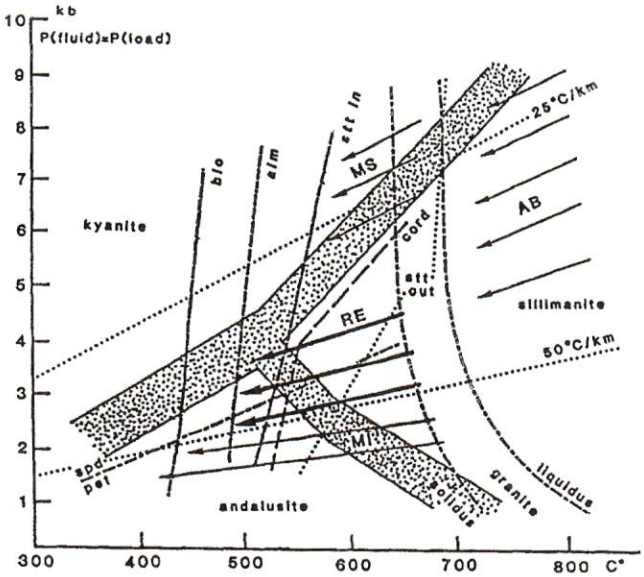
Desilikace – proces, při němž dochází k odnosu křemíku z horniny. Projevuje se nízkým obsahem křemene, případně jeho úplnou absencí. V granitických pegmatitech, především v těch, které pronikají serpentinity nebo také dolomitické mramory, jde o běžný proces. Vlastní proces desilikace vyžaduje detailní studium, protože není jasné, jakým mechanismem a ve kterých stádiích vývoje pegmatitu k desilikaci dochází.

3. Klasifikace granitických pegmatitů podle jejich geologického prostředí

V současné době je nejvíce používaná klasifikace granitických pegmatitů prezentovaná Černým (1991a). Navazuje na klasifikaci publikovanou Ginzburgem et al. (1979), která vychází z řady dalších klasifikací ruských autorů. Tato klasifikace byla doplněna o nové údaje (např. Novák a Povondra 1995 – vyčlenění elbaitového subtypu, Wise 1999 – detailní klasifikace pegmatitů se vzácnými zeminami, Ercit 2004 – zjednodušená klasifikace pegmatitů se vzácnými zeminami). Genetické členění granitických pegmatitů podle jejich chemického složení mateřských granitoidů na NYF a LCT skupinu (Černý 1991a) bude stručně diskutováno v jedné z následujících kapitol.

Granitické pegmatity jsou řazeny podle geologického prostředí, v němž vznikají jejich hostitelské horniny (PT podmínky vzniku okolních metamorfovaných popř. magmatických hornin), do pěti základních tříd – abysální, muskovitové, muskovitové – vzácných

prvků, vzácných prvků a miarolitické (obr. 3). Aby bylo možné diskutovat v této práci některé pegmatity (vesměs poměrně primitivní, ale často velmi rozšířené), byly autorem vyčleněny pouze pro účely této práce další skupiny pegmatitů, které nejsou ve výše uvedených klasifikacích zařazeny (tab. 1 a 2) .



Obr. 3. PT diagram zobrazují horninové prostředí pegmatitových populací (Černý 1991a). AB – abysální třída, MS – muskovitová třída, RE – třída vzácných prvků, MI – miarolitická třída.

Fig. 3. PT fields of rock environments hosting pegmatite populations (Černý 1991a). AB – abyssal class, MS – muscovite class, RE – rare-element class, MI – miarolitic class.

Tabulka 1. Klasifikace granitických pegmatitů (Černý 1991a). Autorem modifikováno zařazením nové skupiny a subtypů označených v textu kurzívou.

Table 1. Classification of granitic pegmatites (Černý 1991a). Modified by the author, the new group and subtypes are given in italics.

Třída/class	Subtyp/subtype	Typické minerály/typical minerals
Abysální	*dumortieritový*	dumortierit, turmalín (olenit, skoryl), muskovit
Skupina subabysální	*cordieritový*	cordierit, turmalín (dravit, skoryl), biolit
	turmalínový	turmalín (dravit, skoryl), apatit, cordierit
	andalusitový	andalusit, apatit, turmalín
Muskovitová		muskovit
Muskovitová – vzácných prvků		muskovit, beryl, spodumen
Vzácných prvků	Viz. Tab. 2	Viz. Tab. 2
Miarolitická		

Pegmatity abysální třídy

Tato třída zahrnuje pegmatity vzniklé při metamorfních pochodech, tj. při natavení (anatexi) především metapelitických hornin, lze je tedy označit také jako metamorfogenní. Tyto pegmatity vznikají především v horninách vyšší amfibolitové až granulitové

facie (P ~ 9–4 kbar, T ~ 800–700 °C; obr. 3). Abysální pegmatity tvoří zpravidla jen malá tělesa často konformní s metamorfní stavbou okolních hornin a zpravidla neobsahují dutiny. Texturně jsou jednoduché, pegmatitová tělesa jsou jen vzácně zonální. Také mineralogické složení je většinou poměrně jednoduché. Vedle K-živce, plagioklasu (oligo-

Tabulka 2. Klasifikace granitických pegmatitů třídy vzácných prvků (Černý 1991a, pegmatity vzácných zemin členěny podle Wise 1999). Autorem dále modifikováno zařazením nového typu a subtypů označených v textu kurzívou.

Table 2. Classification of granitic pegmatites of the rare-element class (Černý 1991a; pegmatites of the rare-earths classified according to Wise 1999). Modified by the author, the new defined type and subtypes are given in italics.

Typ/type	Subtyp/subtype	Typické minerály/typical minerals
primitivní	*turmalínový*	turmalín (skoryl, foitit), apatit, ilmenit, granát
	andalusitový	andalusit, turmalín, ilmenit, muskovit
	fosfátový	triplit, zwieselit, trifylín, turmalín, ixiolit
vzácných zemin	allanitový	allanit, fluorit, monazit, magnetit
	euxenitový	euxenit, aeschynit, allanit, monazit, zirkon, xenotim, ilmenit, (beryl)
	gadolinitový	gadolinit, fergusonit, allanit, xenotim, samarskit, euxenit, aeschynit, zirkon, (beryl)
berylový	beryl-columbitový	beryl, columbit, niobový rutil
	beryl-columbit--fosfátový	beryl, columbit-tantalit, trifylín, triplit, zwieselit
komplexní Li	spodumenový*	spodumen, beryl, tantalit, amblygonit, montebrasit, kassiterit, trilithionit, polucit
	petalitový	petalit, beryl, trilithionit, elbait, polucit, amblygonit, montebrasit, manganocolumbit, manganotantalit, kassiterit
	lepidolitový	trilithionit, polylithionit, elbait, beryl, amblygonit, spodumen, petalit, mikrolit, topaz, polucit, kassiterit, manganocolumbit, manganotantalit, stibiotantalit
	elbaitový	elbait, liddicoatit, beryl, polylithionit, hambergit, kassiterit, danburit, rhodizit, manganocolumbit, spodumen, petalit
	amblygonitový*	amblygonit, montebrazit, beryl, trifylín, tantalit, kassiterit
Albit -spodumenový*		spodumen, kasiterit, beryl, tantalit, apatit, columbit
Albitový*		tantalit, beryl, kasiterit

* není znám z území České republiky/not known in the territory of Czech Republic

klas-andezin), křemene a slíd (biotit, muskovit) patří mezi typické akcesorické popř. minoritní minerály např. allanit, monazit, zirkon, uraninit, thorit, ilmenit, dumortierit, turmalín (skoryl, dravit, olenit), korund, Al_2SiO_5 modifikace (sillimanit, kyanit), apatit, rutil a granát (almandin) a jen velmi vzácně další akcesorické minerály.

Skupina „subabysálních" pegmatitů

Pouze pro tuto publikaci jsem vyčlenil další skupinu (podtřídu) pegmatitů, tzv „subabysální", tedy „méně hluboký" člen abysálních pegmatitů. Vznikly natavením hornin, a utuhnutím v menší hloubce za nižších tlaků než abysální pegmatity. Jsou jim podobné stavbou, velikostí a zčásti i minerálními asociacemi, a odlišují se přítomností nízkotlakých minerálů (andalusit, cordierit-sekaninait, popř. sillimanit), metamorfním stupněm okolních hornin, který odpovídá vyšší amfibolitové facii (P ~ 5–2 kbar, T ~ 750–650 °C; typ Abukuma; obr. 3). Tyto pegmatity jsou v Českém masivu, hlavně v moldanubiku, velmi rozšířené. Typickým příkladem společného výskytu abysálních a subabysálních pegmatitů, který do jisté míry ukazuje na oprávnění vyčlenění této nové skupiny, je lokalita Vémyslice u Moravského Krumlova. Zde byly zjištěny jak starší abysální dumortieritové pegmatity s metamorfním přetiskem (sillimanit), tak mladší výrazně postektonické subabysální turmalínové pegmatity s primárním andalusitem (Cempírek a Novák 2004a). Hlavními problémy jsou u této „subabysální" skupiny nesnadné odlišení abysálních a „subabysálních" pegmatitů, a také to, že nelze vyloučit, že část pegmatitů, resp. jejich tavenin, nemá anatektický původ, ale tavenina byla odvozena od granitoidních hornin.

Pegmatity muskovitové třídy

Tyto pegmatity jsou někdy označovány jako keramické, protože bývají zdrojem živců, popř. muskovitu. Vyskytují se především v horninách amfibolitové facie (hlavně ruly a svory často s kyanitem) vzniklých za relativně vyšších tlaků metamorfózy (P ~ 8–5 kbar, T ~ 650–580 °C; typ Barrow; obr. 3). Mohou tvořit velká tělesa se zonální stavbou konformně i diskordantně uložená v okolních horninách, jen výjimečně obsahují dutiny. Vztah k mateřským granitoidům je většinou nejasný. Texturně i mineralogicky jsou poněkud komplikovanější než abysální pegmatity a mohou dosahovat obrovských rozměrů (mocnost v desítkách m). Typické minerály zahrnují vedle křemene a živců především muskovit, který bývá velmi hojný, dále akcesorické minerály např. granát, turmalín, biotit a apatit.

Pegmatity třídy muskovitové – vzácných prvků

V klasifikacích bývá často vyčleněna přechodná třída mezi muskovitovými pegmatity a pegmatity vzácných prvků. Spojuje typické znaky obou tříd, hojný muskovit a výskyt v horninách vzniklých za vyšších tlaků (hlavně ruly a svory často s kyanitem) na jedné (P ~ 7–3 kbar, T ~ 650–540 °C), a přítomnost minerálů vzácných prvků na druhé straně. Podobně jako u muskovitických pegmatitů je jejich vztah k mateřským granitickým horninám většinou nejasný. Typickými minerály jsou vedle křemene, K-živce, albitu a hojného muskovitu např. beryl, spodumen, amblygonit-montebrasit, trifylín, apatit, zirkon, kasiterit, columbit-tantalit, REE-minerály a řada dalších.

Pegmatity třídy vzácných prvků

Tato třída je velmi mnohotvárná a zahrnuje většinu známých resp. detailněji studovaných granitických pegmatitů. Pegmatity vystupují především v metamorfovaných horninách amfibolitové facie až facie zelených břidlic, které vznikají v prostředí nižších

tlaků než muskovitové pegmatity (P ~ 4–2 kbar, T ~ 650–450 °C; typ Abukuma; obr. 3), vzácně pronikají granity. Tvoří drobná i obrovská tělesa (mocnost kolem 100 m, délka až 2 km) většinou s komplikovanou vnitřní stavbou. Tělesa pronikají okolními horninami většinou diskordantně, vzácně jsou konkordantní nebo jsou uložena přímo v mateřských granitoidech, často je ale vztah k mateřským granitoidům nejasný. Mohou obsahovat dutiny, někdy poměrně časté. Mineralogicky jsou velmi pestré, typickými minerály jsou vedle křemene, K-živce a albitu např. beryl, spodumen, lepidolit, petalit, elbait, trifylín, triplit, amblygonit-montebrasit, apatit, zirkon, REE-minerály, topaz, cordierit, andalusit, polucit, kasiterit, columbit-tantalit a dále obsahují širokou škálu akcesorických minerálů včetně sekundárních produktů hydrotermálních alterací a zvětrávání (např. primárních Fe,Mn,Mg,Ca,Li-fosfátů, cordieritu, aj.).

Pegmatity miarolitické třídy

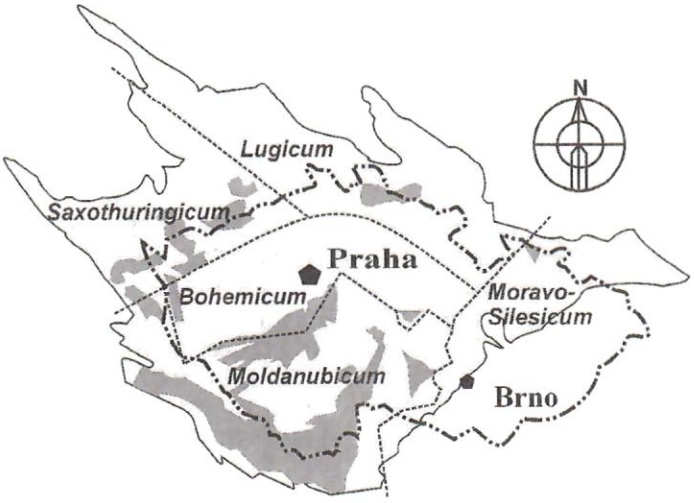
Pro miarolitické pegmatity, jak vyplývá z názvu, je typická přítomnost primárních dutin (sekundární dutiny vzniklé např. rozpouštěním berylu nebo jiných minerálů se neuvažují). Vznikají v relativně mělkých hloubkách (P ~ 2–1 kbar). Texturně jsou většinou poněkud jednodušší než pegmatity třídy vzácných prvků. Pegmatitová tělesa jsou často uložena přímo v mateřských granitoidech nebo v jejich těsné blízkosti. Mineralogicky jsou také většinou jednodušší než pegmatity vzácných prvků, typické minerály jsou vedle K-živce, albitu a křemene např. muskovit, Li-slídy, beryl, topaz, granát, turmalín, fluorit, zeolity a chlority. Přítomnost primárních dutin není jediným kritériem pro zařazení pegmatitu do třídy miarolitických pegmatitů, protože dutiny jsou přítomny v zásadě v pegmatitech všech tříd, i když v podstatně menším množství. Rozhodujícími faktory pro zařazení do této třídy jsou (i) přítomnost hojných primárních dutin, (ii) úzký prostorový a geochemický vztah k mateřské hornině (většinou jsou uloženy přímo v granitu, netvoří ostře oddělené žíly a mají postupný kontakt), (iii) relativně nízký tlak při jejich vzniku. Protože je odhad tlaku často komplikovaný, není možné spolehlivě odlišit miarolitické pegmatity a pegmatity vzácných prvků s hojnými dutinami.

4. Stručný přehled výzkumů granitických pegmatitů v Českém masivu

O minerálech pegmatitů v Českém masivu, resp. na území České republiky bylo publikováno poměrně velké množství prací (srovnej Čech et al. 1981, Čech 1985, Novák et al. 1992, Staněk in Bernard 2000 a zde citované práce). První publikace pocházejí už z konce 18. a počátku 19. století (např. Klaproth 1792, Hruschka 1824), a řada článků byla publikována i v prestižních zahraničních časopisech (např. Čech 1961, Čech et al. 1978, Černý 1963, 1968, Černý et al. 1964, 1971, 1979, 1980, 1984, 1992a,b, 1995a,b, 1997, Černý a Povondra 1966, 1972, Černý a Němec 1995, Bouška a Johan 1972, Němec 1983, 1989a,b, Franz a Morteani 1984, Ercit et al. 1993, Liang et al. 1995, Teertstra et al. 1995, Novák 1999, Novák a Povondra 1995, Novák et al. 1985, 1991, 1998b, 1999a,b, 2003a, 2004a,b, Novák a Černý 1998, Novák a Šrein 1998, Novák a Taylor 2000, Selway et al. 1998, 1999, Selway 1999, Frýda a Breiter 1995, Breiter et al. 1997, 2005, Breiter a Kronz 2004, Cempírek et al. 2005). Souhrnné práce o granitických pegmatitech Českého masivu zahrnují zejména tyto publikace: Sekanina (1928), Vejnar (1965, 1968), Němec (1976), Čech et al. (1981), Čech (1985), Novák et al. (1992) a Staněk (2000). Z pegmatitů Českého masívu bylo dokonce popsáno 5 nových minerálů: lepidolit (Klaproth 1792, Černý et al. 1995b), cyrilovit (Novotný a Staněk 1953,

Novák et al. 2000), sekaninait (Staněk a Miškovský 1975, Černý et al. 1997), stibiobetafit (Černý et al. 1979) a rossmanit (Selway et al. 1998, 1999).

Úroveň zpracování jednotlivých oblastí i lokalit se značně liší. Zvýšená pozornost byla věnována hlavně moldanubické oblasti (moldanubikum) a studovány byly především západní Morava, Písecko, Sušicko, Kutnohorsko a širší okolí Českého Krumlova, v tepelsko-barrandienské oblasti (bohemikum) pak pegmatity v Českém lese a méně v okolí Teplé. V sasko-durynské oblasti (saxothruringikum) byla detailnější pozornost věnována jen exotickým pegmatitům z Podlesí a Verněřova a v zapadosudetské oblasti (lugikum) pegmatitům krkonošského plutonu a hlavně žulovského batolitu. V moravské-slezské oblasti byly detailně zkoumány pegmatity silesika především okolí Šumperka a Maršíkova, dalším jednotkám brunovistuliku a hlavně moraviku byla věnována mnohem menší pozornost. Souhrnně a detailně byly zpracovány a publikovány jen některé lokality (moldanubikum: např. Dolní Bory – Staněk 1954, 1991, 1997, Duda 1986, Němec 1981, Vlastějovice – Vavřín 1962, Žáček et al. 2003, Ackerman 2004, Rudolfov – Bouška a Čech 1960, Welser 1995, Ctidružice – Čech 1962a, Dobrá Voda – Staněk 1965, Novák a Staněk 1999, Věžná – Černý 1965, Černý a Novák 1992, Novák et al. 2003c, Laštovičky – Staněk 1973, Přibyslavice – Povondra et al. 1987, Breiter et al. 2003, Radonín – Němec 1982, Rudolec – Němec 1983a, Kracovice – Němec 1990a, Novák et al. 1999c, Rožná – Němec 1998, Novák et al. 1998c, Bližná – Novák et al. 1997a, 1999b, Černý 2004, Starkoč – Cempírek 2003, Cempírek et al. 2003, Vémyslice – Cempírek a Novák 2004a, Kuklík – Losert 1956, Cempírek a Novák 2004b; bohemikum: Kříženec – Grenar 1958; saxothuringikum: Podlesí – Breiter et al. 1997, Breiter 1998, 2001; silesikum: Maršíkov – Schinderhübel – Dostál 1964, 1966, Šumperk – Procházka 1966, Vidly – Aichler et al. 1986, Branná – Novák et al. 2003b).



Obr. 4 Schematická geologická mapa Českého masivu.
Fig. 4. Schematic geological map of the Bohemian Massif.

Geologické pozici granitických pegmatitů byla věnována jen malá pozornost (např. Kratochvíl et al. 1951, Vejnar 1965, 1968, Grym 1975, Čech et al. 1981, Čech 1985, Duda 1986, Novák et al. 1992, Novák a Rejl 1993, Breiter 1998, 2001). Regionální klasifikace granitických pegmatitů byla publikována více autory, např. Grym (1975), Čech et al. (1981), Čech (1985) a Novák et al. (1992). Předložená klasifikace vychází především ze členění publikovaného Novákem et al. (1992), dále z regionálních členění Českého

masivu (obr. 4) a je také založena na nových geochemických a mineralogických a radiometrických datech (Glodny et al. 1998, Novák et al. 1998a, Ertl et al. 2004). Vyčleněné oblasti jsou regionálně geologické a ne geograficky regionální, jako je tomu v klasické práci Mineralogie Československa (Čech et al. in Bernard 1981), i když nejasnosti v regionálně-geologickém členění Českého masivu (např. Mísař et al. 1983, Mísař a Dudek 1993, Dallmayer et al. 1995, Franke 2000, Franke a Żelaźniewicz 2000) určitým způsobem komplikují regionální členění pegmatitů. Geologicky-regionální klasifikace granitických pegmatitů není nijak spojena s metalogenetickým členěním Českého masivu (např. Bernard et al. 1981, Bernard a Pouba 1986), jak to učinil Čech (1985), protože genetický vztah granitických pegmatitů a většiny hydrotermálního zrudnění je zřejmě nepravděpodobný a ani pro něj neexistují žádné důkazy.

5. Klasifikace granitických pegmatitů Českého masivu

Je založena na klasifikaci diskutované v jedné z předešlých kapitol (tab. 1 a 2), která je rozšířená o některé specifické typy resp. skupiny a subtypy pegmatitů vyskytující se především v moldanubiku (Novák et al. 1992). Jde zejména o vyčlenění skupiny „subabysálních" pegmatitů a její členění, a o členění primitivních pegmatitů třídy vzácných prvků (Novák et al. 1992), které nejsou v dnes používaných klasifikacích vůbec zařazeny. V této práci jsou zde vyčleněny hlavně proto, aby bylo možné diskutovat tyto velmi rozšířené pegmatity. Je ale nutné si uvědomit, že granitické pegmatity jsou velmi mnohotvárné po stránce mineralogické i texturní a každý pegmatit je vlastně originální. Proto bývá zařazení některých pegmatitů do určité třídy, typu a/nebo subtypu ne zcela jednoznačné a může se v budoucnosti po dalším detailním studiu změnit.

5.1. Abysální pegmatity

Pegmatity této třídy jsou u nás poměrně vzácné. Definici velmi dobře odpovídají pouze dumortieritové pegmatity a možná některé turmalínové pegmatity, které jsou uváděny ve skupině subabysálních pegmatitů popisovaných v následující podkapitole.

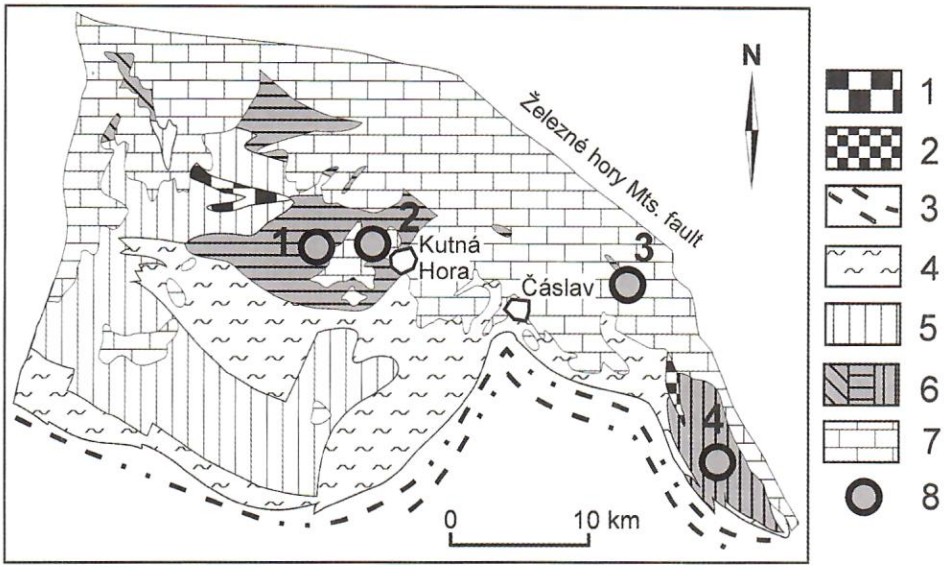
Dumortieritové pegmatity

Tyto pegmatity nejlépe odpovídají definici abysálních pegmatitů tak, jak ji podává Černý (1991a). Pegmatity tvoří homogenní žilky o mocnosti kolem 2 cm a délce až několik m, nebo jednoduše zonální tělesa až 50 cm mocná uložená v masivních více či méně migmatizovaných biotitických rulách. Zonálnost se projevuje hrubnutím zrna od okraje k centru, kde se místy objevuje drobné křemenné jádro, a změnou minerální asociace. Kontakt s okolní horninou může být pozvolný i ostrý.

Typickými minerály jsou vedle křemene, oligoklasu, K-živce a muskovitu dumortierit a Al-bohatý turmalín (skoryl, olenit, dravit), oba ve více diferencovaných pegmatitech často ve více generacích. Dále se zde vyskytuje granát (almandin-spessartin), biotit, kyanit, sillimanit, staurolit, chryzoberyl, apatit, grafit, arzenopyrit a monazit. Typickým znakem pegmatitů je vysoká aktivita B, ale velmi nízká aktivita P a F.

Dumortieritové pegmatity studovali Fiala (1954), Losert (1956), Cempírek (2003), Cempírek et al. (2003, 2005) a Cempírek a Novák (2003, 2004a,b). Typické příklady primitivních typů jsou Běstvina, Spačice a Starkoč u Čáslavi, a Vémyslice u Moravského Krumlova, více diferencované typy jsou známy z okolí Kutné Hory – Miskovice a Kuklík. Všechny uvedené lokality leží v gföhlské jednotce při východním okraji moldanu-

bika především v kutnohorském krystalimiku (obr. 5). Vysoký obsah Al v pegmatitu může být produktem natavení Al-bohatých metapelitů ve specifických PT podmínkách; ke kontaminaci z okolní horniny během krystalizace pegmatitu už nedochází nebo jen ve velmi malé míře.



Obr. 5. Rozšíření dumortieritových pegmatitů v kutnohorském krystaliniku (upraveno podle Cempírek 2003). 1 – amfibolity 2 – gabro, 3 – moldanubikum, 4 – ratajská zóna, 5 – kouřimský příkrov, 6 – gföhlská jednotka (plaňanská, malínská a běstvinská subjednotka), 7 – křídové sedimenty, 8 – lokality: 1– Miskovice, 2 – Kuklík, 3 – Starkoč, 4 – Běstvina.

Fig. 5. Distribution of dumortierite pegmatites in the Kutná Hora Unit (modified from Cempírek 2003). 1 – amfibolites 2 – gabbro, 3 – moldanubicum, 4 – Rataje zone, 5 – Kouřim nappe, 6 – Gföhl unit (Plaňany, Malín and Běstvina subunits), 7 – Cretaceous sediments, 8 – localities: 1 – Miskovice, 2 – Kuklík, 3 – Starkoč, 4 – Běstvina.

Svéráznou lokalitou abysálních pegmatitů jsou pegmatoidní partie složené z hrubě zrnitého K-živce, křemene, plagioklasu, diopsidu, flogopitu a akcesorických minerálů (apatit, grafit, zirkon), které se vyskytují na lokalitě heřmanovských koulí u Heřmanova poblíž Velké Bíteše. Jsou uložené v hrubě lupenité flogopitické hornině a pegmatit velmi pravděpodobně vznikl natavením těchto flogopitem bohatých hornin. Zajímavá je přítomnost izometrických krystalů zirkonu, až 2 mm velkých.

5.2. „Subabysální“ pegmatity

Do této nově definované skupiny (tab. 1) je zahrnována většina geochemicky primitivních pegmatitů, které vznikly anatexí hlavně metapelitických hornin a krystalovaly v menších hloubkách tedy i při nižších tlacích, než jsou u okolních hornin předpokládány pro pegmatity abysální třídy.

Cordieritové pegmatity

Jsou poměrně rozšířeným typem subabysálních pegmatitů především v oblasti moldanubika. Většinou tvoří nepravidelná tělesa, čočky a žíly několik cm až dm mocné téměř výhradně uložené v migmatitizovaných biotit-sillimanitických rulách. Kontakt

s okolní horninou bývá většinou pozvolný. Tělesa mají nedokonale vyvinutou zonálnost, která se projevuje hrubnutím zrna (bloky K-živce až 10 cm velké), vzácně jsou přítomny grafické srůsty křemene a K-živce, křemene a turmalínu a někdy i křemene a cordieritu. Zjednodušeně řečeno, cordieritové pegmatity představují mohutnější, hrubozrnnější a texturně komplikovanější polohy metatektu migmatitů, často s pegmatitovými texturami. Pohyb taveniny od místa natavení je minimální.

Vedle K-živce, křemene a plagioklasu je typickým minerálem cordierit-sekaninait, často silně pinitizovaný, dále relativně vzácný turmalín (skoryl, dravit), biotit, apatit, pyrit, pyrhotin, muskovit, dumortierit, popř. granát a andalusit. Typickou lokalitou studovanou více autory jsou Horní Bory u Velkého Meziříčí (např. Povondra et al. 1992, Kotková et al. 2003a), dále Vanov u Telče a další výskyty jsou v moldanubiku západních Čech v oblasti západně od křemenného valu (Vejnar 1968).

Andalusitové pegmatity

Metamorfogenní pegmatity s andalusitem se vyskytují nepříliš hojně v některých oblastech moldanubika. Tvoří drobné žíly a kromě křemene, K-živce a kyselého plagioklasu obsahují muskovit a někdy také biotit a turmalín (skoryl, dravit). Z akcesorických minerálů jsou přítomny vedle andalusitu, většinou zatlačovaného muskovitem nebo i margaritem, pouze apatit. Pro tyto andalusitové pegmatity je typická relativně nízká aktivita B, a hlavně F a P. Primitivní pegmatitové žíly s andalusitem se vyskytují např. v oblasti Třebíče (např. Kojetice) a také v okolí Kaplice v jižních Čechách (Vrána 2000). Nelze vyloučit, že část z nich může být magmatogenního původu.

Turmalínové pegmatity

Tento typ je mezi subabysálními pegmatity pravděpodobně nejčastější. Problémem zůstává odhad hloubky vzniku (abysální versus subabysální) a hlavně odlišení turmalínových pegmatitů anatektického původu tedy metamorfogenních a pegmatitů, které mají magmatický zdroj a které jsou řazeny do třídy pegmatitů vzácných prvků. Oba typy jsou totiž většinou mineralogicky i texturně poměrně primitivní. Vedle křemene, živců a obou slíd obsahují někdy jen turmalín (dravit, skoryl) a v akcesorickém množství apatit, popř. granát, cordierit, andalusit, pyrit, rutil a ilmenit. Tělesa jsou jednoduše zonální, popř. roste od okraje ke středu pouze zrnitost, vzácně mohou obsahovat i drobné dutiny. Mocnost těles turmalínových pegmatitů kolísá od několika cm do zhruba 1 m. Někdy jsou viditelně usměrněné (metamorfované?). Typická je vysoká aktivita B, někdy i zvýšená aktivita P (hojný apatit), ale nízká aktivita F.

Tento subtyp pegmatitů se vyskytuje především v oblasti moldanubika. Turmalínové pegmatity se někdy vyskytují v oblastech se záhnědovými pegmatity (např. Věžná), s dumortieritovými pegmatity (např. Vémyslice). V saxothuringiku se vyskytují turmalínové pegmatity zřetelně deformované v okolí Unčína a Chlumce (Fiala 1951) nebo okolí Horního Slavkova. Na Kutnohorsku a zřejmě i v saxothuringiku se objevují silně deformované (metamorfované?) pegmatity s turmalínem ne zcela jasného původu.

5.3. Muskovitové pegmatity

Pegmatity této třídy jsou v rámci České republiky pravděpodobně vzácné. Hlavními důvody může být relativně malé rozšíření hornin vyššího stupně metamorfózy typu Barrow v Českém masivu (např. Cháb a Suk 1977, Petrakakis 1997, O'Brien 2000), a místy výrazné překrytí této metamorfózy mladšími relativně nízkotlakými metamorfními procesy v některých geologických jednotkách.

Jedinými pegmatity, které dobře odpovídají třídě muskovitových pegmatitů, jsou poměrně primitivní pegmatity s hojným muskovitem a turmalínem v sileziku v oblasti Hrubého Jeseníku. Tvoří žíly, někdy značných rozměrů (až 20 m mocné), s jednoduchou zonální stavbou. Vyskytují se hojně v oblasti kry Orlíku, jejíž horniny (ruly, svory, metagranity) byly postiženy metamorfózou typu Barrow a pegmatity jsou považovány za prevariské (Cháb et al. 1984). Kromě muskovitu a místy velmi hojného turmalínu (dravit, skoryl) a někdy také granátu (almandin, spessartin), obsahují akcesorický apatit, biotit, jen velmi vzácně beryl (Vidly – Aichler et al. 1986), popř. tantalový rutil, ferrotapiolit a uranmikrolit (Bělá pod Pradědem – Čech 1963). Dosud nebyly detailněji studovány s výjimkou lokality berylu z vrtu u Videl pod Pradědem. Pegmatity nesou jasné znaky metamorfního postižení, např. lemy metamorfního Ca-granátu kolem spessartin-almandinu (Aichler et al. 1986). Typická je pro ně vysoká aktivita B a velmi nízká aktivita P a F.

K muskovitovým pegmatitům možná patří relativně jednoduché pegmatity ve svrateckém a kutnohorském krystaliniku. Jsou nevýrazně zonální a bývají často uloženy konkordantně ve svorech s kyanitem. Z akcesorických minerálů se uvádějí pouze granát, apatit, vzácně turmalín a arsenopyrit. Spolehlivé informace o jednotlivých lokalitách těchto pegmatitů jsou ale prozatím nedostatečné.

5.4. Pegmatity muskovitové-vzácných prvků

Této třídě nejlépe vyhovují pegmatity z oblasti tepelského krystalinika, které jsou uloženy v rulách a svorech (často s kyanitem). V tomto případě známe potenciální mateřský granit – hanovská ortorula (Kratochvíl et al. 1951). Tato oblast je reprezentované především lokalitou Kříženec u Mariánských Lázní (Grenar 1958). Typickým znakem těchto pegmatitů je vysoký obsah muskovitu, který byl u Křížence i jinde těžen, a relativně jednoduché minerální složení zahrnující vedle křemene, živců a muskovitu pouze biotit, apatit a granát jako běžné akcesorie, vzácně byly nalezeny také zirkon, pyrit a turmalín. Dále je typické zřetelné usměrnění (metamorfóza) na všech žilách doprovázené vznikem metamorfního muskovitu (Glodny et al. 1998). Další lokality jsou např. Hostíčkov, Zhořec, Křepkovice, Beroun a Nezdice. V širším okolí Teplé leží také pegmatity z Boněnova u Michalových Hor, z nichž některé se liší od ostatních pegmatitů téměř úplnou nepřítomností primárního muskovitu; zjištěny zde byly granát, biotit, turmalín, magnetit, hematit, ilmenit, zirkon, apatit a především beryl a primární fosfáty (graftonit, wagnerit – Čech 1985), které ukazují na vyšší stupeň frakcionace. Tyto pegmatity se svojí minerální asociací podobají pegmatitům s berylem a primárními fosfáty z okolí Otova. Typickým znakem pegmatitů tepelské oblasti je nízká aktivita B a F, ale mírně zvýšená aktivita P. Pegmatity této oblasti studovali Kratochvíl et al. (1951) a Grenar (1958), detailnější moderní mineralogické studie ale chybí.

V tepelsko-barrandienské oblasti leží další pegmatity, které jsou řazeny do této třídy – berylové pegmatity někdy s primárními Li,Fe,Mn-fosfáty v okolí Poběžovic a Domažlic, Český les. Patří k nejlépe prozkoumaným pegmatitům v České republice, především po stránce geologické (Vejnar 1965, 1968). Zdejší pegmatity dosahují značných velikostí a mocné žíly jsou zonální a často komplikovaných tvarů (Vejnar 1965, 1968). Většinou jsou uloženy v metagabrech, méně často v rulách a svorech (někdy s kyanitem), typickým znakem je metamorfní postižení projevující se především usměrněním slíd na kontaktu s okolní horninou, vznikem metamorfního muskovitu a také mylonitizací. Část velkých těles obsahuje mohutné zóny blokového K-živce a křemene, v některých pegmatitech je velmi hojný muskovit, dále beryl, primární Li,Fe,Mn-fosfáty a granát (almandin-spessartin) jen místy jako hojné akcesorie. Velmi vzácně byly nalezeny spodumen,

montebrasit a také apatit a turmalín. Další akcesorické minerály zahrnují gahnit, columbit-tantalit, kasiterit, sfalerit, bismutin a především už zmíněné primární fosfáty (trifylín, wolfeit, graftonit, sarkopsid, arrojadit-dickinsonit) a velmi širokou škálu sekundárních fosfátů, např. vivianit, lazulit-scorzalit, laueit, alluaudit, hagendorfit, ludlamit, goyazit, lipscombit, rockbridgeit, heterozit, strunzit aj. (Čech 1985, Masau et al. 2000). Pro výše uvedené pegmatity je typická vysoká aktivita P, ale velmi nízká aktivita B a F dokumentovaná téměř úplnou absencí turmalínu, vzácným fluorapatitem a nízkými obsahy F v muskovitu (Vejnar 1965). Relativně vysoký stupeň frakcionace je také dokumentován přítomností Li-minerálů – trifylínu, spodumenu a montebrasitu (Otov-Větrný vrch).

Nejznámější lokalitami v této oblasti jsou Otov (Větrný vrch, Červený vrch, Pláně, Vyhlídka aj. zde především Li,Fe,Mn-fosfáty, beryl, spodumen, columbit-tantalit) a Meclov (beryl), kde byly živce těženy na několika místech. Bohatou lokalitou byl pravděpodobně i Sv. Vavřinec u Domažlic (Li,Fe,Mn-fosfáty). Muskovit se hojně se vyskytoval v pegmatitu Na babě u Domažlic.

5.5. Pegmatity vzácných prvků

Do této třídy patří značná část granitických pegmatitů v Českém masivu popisovaných v této práci. Protože jim byla věnována největší pozornost a existuje řada prací zabývajících se především jejich mineralogií ale i stavbou, bude jejich popis v této práci poněkud stručnější. Tato třída je členěna do několika typů a subtypů (tab. 2). V oblasti moldanubika ale byly zjištěny poměrně hojné relativně primitivní pegmatity, které nejsou v běžně užívané klasifikaci (Černý 1991a) zahrnuty a byly nově vyčleněny pouze pro účely této práce. Jejich příbuznost s více frakciovanými pegmatity třídy vzácných prvků popisovaných níže je dána úzkými prostorovými vztahy, podobným chemickým složením (resp. geochemií) a minerálními asociacemi (hojný turmalín) včetně akcesorických minerálů (např. niobový rutil, columbit, primární fosfáty).

5. 5. 1. Primitivní pegmatity

Typ primitivních pegmatitů není v rámci pegmatitů vzácných prvků v běžných klasifikacích uváděn, i když část z nich už byla v Českém masivu vyčleněna Novákem et al. (1992) – andalusitový a fosfátový subtyp. V této práci byl typ primitivních pegmatitů definován hlavně proto, že jsou především v oblasti moldanubika poměrně rozšířené pegmatity, které neodpovídají žádnému typu a subtypu užívaných klasifikací (Černý 1991a). Jsou ale natolik hojné a někdy i zajímavé, že je nutné je zde zmínit a blíže diskutovat.

Turmalínové pegmatity

Tento subtyp je mezi primitivními pegmatity třídy vzácných prvků nejhojnější, ale problémem je rozlišení některých subabysálních turmalínových pegmatitů anatektického původu a turmalínových pegmatitů, které mají magmatický zdroj a které jsou řazeny do třídy pegmatitů vzácných prvků. Oba typy pegmatitů jsou většinou mineralogicky i texturně poměrně primitivní. Vedle křemene, živců a obou slíd obsahují někdy jen turmalín (skoryl, foitit, dravit) a v akcesorickém množství apatit, popř. granát (almandin-spessartin), cordierit-sekaninait, andalusit, rutil popř. niobový rutil, ilmenit, löllingit, pyrit, arzenopyrit a vzácně i columbit. Poměrně často se v nich objevuje také růženín, který v subabysálních turmalínových pegmatitech chybí. Turmalínové pegmatity třídy vzácných prvků by měly mít vyšší stupeň geochemické frakcionace ve srovnání se subabysálními turmalínovými pegmatity, který se projevuje vyšším poměrem Fe/(Fe+Mg) v turmalínu

a biotitu, Mn/(Mn+Fe) v granátu a přítomností některých akcesorických minerálů (např. Nb,Ta-oxidy, kasiterit).

Tělesa turmalínových pegmatitů jsou jednoduše zonální, popř. mohou vzácně obsahovat drobné dutiny, jejich mocnost kolísá od několika dm do několika m. Typickým znakem je také to, že se vyskytují v oblastech, kde jsou přítomny více frakciované berylové popř. komplexní pegmatity, dále existují přechody do andalusitových nebo fosfátových pegmatitů. Typická je pro ně vysoká aktivita B, někdy i zvýšená aktivita P (hojný apatit), a jen vzácně také F.

Turmalínové pegmatity jsou hojné zejména v moldanubiku a mezi typické příklady můžeme uvést např. Myšenec u Písku a řadu podobných žil v této oblasti, dále některé relativně primitivní pegmatity z oblasti Borů, Chlumek u Měřína, Lavičky u Velkého Meziříčí, pegmatit ve Strážku s krystaly granátu v dutinách, Březnice u Bechyně se sekundárním berylem po cordieritu (Vrána 1979). Klasickým příkladem jsou také Smolné Pece u Nejdku v saxothuringiku, kde je mohutné zonální těleso uložené v granitech.

Těmto pegmatitům byla ve srovnání s turmalínovými pegmatity patřícími do subabysální skupiny věnována poněkud větší pozornost. Pegmatit z Myšence popsali Novák et al. (1997b), Chlumek u Měřína zpracoval Čech (1957b), borské pegmatity byly jako celek studovány více autory (např. Duda 1986, Staněk 1954, 1991, 1997).

Andalusitové pegmatity

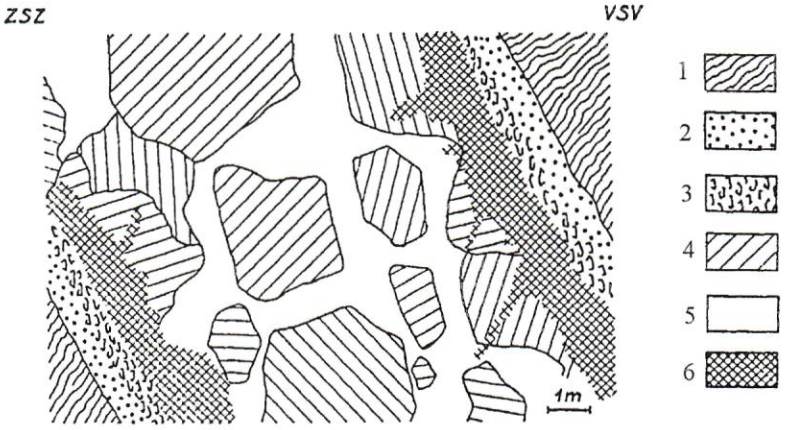
Pegmatity s andalusitem, které jsou zřejmě odvozené od granitoidních plutonů (např. okolí centrálního moldanubického plutonu, Písecko) a které jsou často doprovázeny turmalínovými pegmatity, lze považovat za primitivní pegmatity třídy vzácných prvků. Kromě křemene, K-živce a kyselého plagioklasu obsahují biotit, muskovit a často turmalín (skoryl, dravit). Z akcesorických minerálů jsou přítomny vedle andalusitu, většinou zatlačovaného muskovitem někdy v asociaci s akcesorickým korundem, pouze pinitizovaný cordierit-sekaninait, ilmenit, apatit, granát, rutil a někdy i vzácnější akcesorie (wolframit, monazit, xenotim, zirkon). Diaspor, pyrofylit a kaolinit mohou místy doprovázet nebo zatlačovat andalusit. Pro všechny andalusitové pegmatity je typická vysoká aktivita B, ale nízká aktivita F a většinou i P.

Typické andalusitové pegmatity, v nichž se andalusit může vyskytovat i ve značném množství, se vyskytují výhradně v moldanubické oblasti. Jsou známy v okolí Dolních Borů (především některé primitivnější žíly např. žíla č. 3; Novák a Šrein 1989), dále Čejov u Humpolce (více lokalit v okolí obce, Sztacho 1978), širší okolí Písku (např. Paseky, Jetětice a Kloub u Protivína) a Mysliboř u Telče. Část pegmatitů může být vázána také na centrální moldanubický batolit, např. Kostelní Myslová, Hostětice a další lokality v okolí Telče.

Fosfátové pegmatity

Pegmatity patřící k tomuto subtypu se opět vyskytují výhradně v moldanubiku. Tvoří zonální žíly někdy značných mocností (až 30 m) složené z grafické zóny, zóny blokového K-živce a křemenného jádra, ve více diferencovaných žilách se objevuje i albitová jednotka (obr. 6 – Staněk 1981). Typickými znaky těchto pegmatitů jsou přítomnost primárních Fe,Mn-fosfátů (triplit, zwieselit, trifylín, sarkopsid, graftonit, wagnerit), hojný turmalín (skoryl), místy andalusit, cordierit-sekaninait, apatit a granát (almandin). Akcesorické minerály zahrnují ilmenit, W,Nb,Fe-oxidy, a vzácně také kasiterit, topaz a řadu sekundárních fosfátů (Čech et al. 1964, Staněk 1971, 1991). Pro fosfátové pegmatity je charakteristická vysoká aktivita B a P, ale variabilní a spíše nízká aktivita F.

Typickými lokalitami jsou Cyrilov (Staněk 1955, 1971), Horní Bory, žíla Oldřich v Dolních Borech (Staněk 1967, 1991), Vídeň a Rousměrov (topaz a kasiterit; Staněk 1968) v oblasti Borů, Havírky u Písku, dále Podmoky u Sušice a pravděpodobně i jedna z žil v Rudolfově u Českých Budějovic (Welser 1995). Žíla Oldřich se od ostatních žil poněkud liší velikostí a pestřejší mineralogií, ale stupeň frakcionace je patrně nejvyšší na lokalitě Rousměrov.



Obr. 6. Idealizovaný řez zonálním pegmatitem v Dolních Borech (Čech et al. 1981). 1 – okolní hornina, 2 – granitická jednotka, 3 – grafická jednotka, 4 – blokový K-živec, 5 – blokový křemen, 6 – albit.
Fig. 6. Cross section through zoned pegmatite from Dolní Bory (Čech et al. 1981). 1 – host rock, 2 – granitic unit, 3 – graphic unit, 4 – blocky K-feldspar, 5 – block quartz, 6 – albite.

Svojí minerální asociací se fosfátové pegmatity blíží pegmatitům beryl-columbit-fosfátového subtypu a jsou tam někdy řazeny (London et al. 1990). Od něj se ale liší úplnou absencí berylu a primárního columbitu a také velmi nízkým stupněm frakcionace; ilmenit výrazně převažuje nad Nb,Ta-oxidy (niobový rutil, columbit) vzniklými rozpadem wolframoixiolitu; Ti, Nb, Ta-oxidy vykazují velmi nízké poměry Mn/(Mn+Fe) a Ta/(Ta+Nb) (Novák a Šrein 1989). Poněkud vyšší stupeň frakcionace tohoto subtypu je také dokumentován přítomností vzácných Li-minerálů – trifylínu a cookeitu v Dolních Borech nebo kasiteritu a topazu v Rousměrově.

5. 5. 2. Pegmatity vzácných zemin

Tomuto typu pegmatitů byla dosud věnována v ČR poměrně malá pozornost, i když se vyskytují poměrně často a na více místech. Většinou ale tvoří málo mocná tělesa a poněkud unikají pozornosti (Krejčí 1923, Nováček 1932, Bouška et al. 1960, Bouška 1960, 1968, Čech 1957a,b, Čech et al. 1999, Staněk 1973b, Novák a Čech 1995). Podle stupně frakcionace je můžeme rozdělit do tří subtypů (tab. 2). Protože jsou u nás vyvinuty téměř výhradně metaluminické pegmatity, a zcela chybí alkalické pegmatity ve smyslu Wise (1999), použiji pro tento případ mírně modifikovanou zjednodušenou klasifikaci pegmatitů se vzácnými zeminami (srovnej Wise 1999, Ercit 2004; tab. 2).

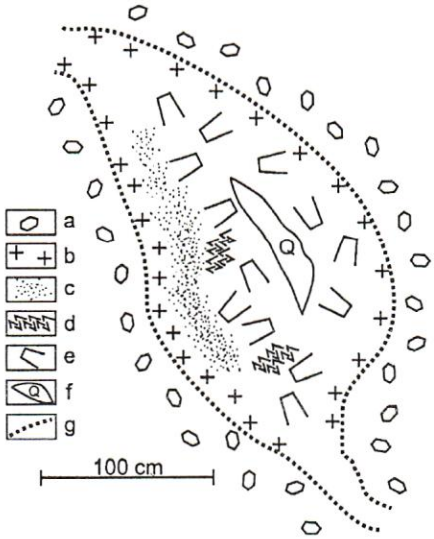
Allanitové pegmatity

Tento subtyp reprezentuje relativně primitivní pegmatity (LREE > Y,HREE), se kterými se můžeme setkat v řadě granitoidních plutonů, jejichž horniny odpovídají nejvíce

I-typu (středočeský batolit, železnohorský batolit, žulovský batolit, třebíčský pluton, vzácně brněnský batolit). Žíly pegmatitů jsou většinou max. jen několik dm mocné, vzácně dosahují mocnosti až 2 m a pronikají granitoidy mateřského plutonu. Vedle živců a křemene obsahují hojný biotit, dále allanit a někdy také amfibol, titanit, magnetit, ilmenit, granát, epidot, monazit, zirkon a také turmalín. Naopak často zcela chybí primární muskovit. Jen výjimečně obsahují dutiny s krystaly křemene, živců, epidotu, chloritu a zeolitů (Žulovsko, Liberecko). Žíly jsou někdy ostře oddělené, jindy mají přechodný kontakt (Třebíčsko). Na některých žilách je přítomen také molybdenit a další sulfidy (středočeský batolit, Žulovsko – Morávek 1954, Bouška et al. 1960, Láznička 1967, Losos et al. 1995, 1998), jejich vztah k REE-minerálům ale není jasný a zdá se, že sulfidy reprezentují hydrotermální fázi vývoje pegmatitů. Typická je nízká aktivita F, P a většinou i B.

Euxenitové pegmatity

Pro tento více frakcionovaný subtyp (Y,HREE ≈ LREE) je typická vedle allanitu přítomnost Y,REE,Ti,Nb,Ta-oxidů, mezi které se řadí minerály skupiny euxenitu a aeschynitu, popř. fergusonit. Více frakciované žíly mají větší velikost a hlavně zonální stavbu. Vedle křemene a živců (K-živec je často vyvinutý jako zelený amazonit) jsou typickými minerály biotit, primární muskovit chybí, může se objevovat také beryl nebo fenakit, dále titanit, zirkon, ilmenit, pseudorutil, niobový rutil, a místy i turmalín nebo amfibol (Škoda 2003).



Obr. 7. Idealizovaný řez zonálním euxenitovým pegmatitem z Vladislavi (Škoda 2003). a – durbachit, b – granitická jednotka, c – aplitická jednotka, d – grafická jednotka, e – blokový K-živec, f – křemenné jádro, g – neostrý kontakt.
Fig. 7. Cross section through the euxenite pegmatite from Vladislav (Škoda 2003). a – durbachite, b – granitic unit, c – aplitic unit, d – graphic unit, e – blocky K-feldspar, f – quartz core, g – transitional contact.

Tento subtyp pegmatitů se vyskytuje především v oblasti třebíčského masivu v okolí Vladislavi, Kožichovic, Pozďátek, Klučova a Třebíče, a také v okolí Bochovic a Chlumku. Tvoří zonální žíly a jejich mocnost dosahuje až 2 m (obr. 7). Typickými minerály jsou minerály skupiny aeschynitu a pyrochlóru, titanit, ilmenit, pseudorutil, zirkon, vzácně beryl a ojediněle také niobový rutil, fluorit, fenakit, kasiterit, herzenbergit, stokesit a tinzenit (Škoda 2003). Na některých žilách je přítomen turmalín (skoryl, dravit bohatý Ca a chudý Al; Novák et al. 2003c), který naznačuje peraluminickou afinitu pegmatitů. Tyto pegmatity ukazují na nízkou až velmi nízkou aktivitu P, místy zvýšenou aktivitu F a především B.

Gadolinitové pegmatity

Nejvíce frakcionovaný subtyp (Y,HREE > LREE) je charakteristický přítomností gadolinitu a Y,REE,Ti,Nb,Ta-oxidů, kam patří především fergusonit, minerály skupiny samarskitu popř. minerály skupiny euxenitu a pyrochloru. Pegmatitové žíly mají větší mocnost a zonální stavbu. Vedle křemene a živců jsou typickými minerály biotit, vzácně primární muskovit, dále titanit, zirkon, ilmenit, granát (spessartin-almandin), niobový rutil, ferrocolumbit a amfibol (Škoda 2003).

S pegmatity gadolinitového subtypu se můžeme setkat na více místech, i když gadolinit byl dosud určen pouze v okolí Žulové (ústní sdělení F. Čermák 1982 a R. Škoda 2005). Vyvinuty jsou zejména v durbachitovém masivu Čertova břemene a na Žulovsku, kde ale výrazně převládají allanitové pegmatity a o zdejších gadolinitových pegmatitech toho víme jen málo. Na Žulovsku byly popsány také další minerály ukazující zvýšený stupeň frakcionace např. fergusonit (Nováček 1932, Bouška 1968) a kasiterit.

Gadolinitové pegmatity byly nově zjištěny v masivu Čertova břemene v okolí Kovářova u Milevska (Vepice). Přítomnost hojných dutin vedla autora k tomu, že jsou tyto pegmatity zařazeny k miarolitické třídě (srovnej Černý 1991a, 2000, Wise 1999, Ercit 2004).

5. 5. 3. Berylové pegmatity

Tento typ pegmatitů se vyznačuje přítomností berylu. Dělí se na dva základní subtypy – beryl-columbitový a beryl-columbit-fosfátový (tab. 2). Beryl, typomorfní minerál pro berylové pegmatity, se vyskytuje také v některých více frakcionovaných pegmatitech vzácných zemin (Kožichovice), beryl je běžný v komplexních pegmatitech s Li-minerály a také v některých miarolitických pegmatitech. Proto samotná přítomnost berylu v určitém pegmatitu ještě nutně neznamená, že patří k berylovým pegmatitům a je nutné zohlednit další informace, např. přítomnost Li-minerálů nebo REE-minerálů, primárních dutin nebo geologickou pozici. V rámci Českého masivu je známo poměrně velké množství berylových pegmatitů, ale jen malá část z nich byla studována detailněji. Navíc je beryl poměrně nenápadný minerál, je proto pravděpodobné, že berylové pegmatity jsou ve skutečnosti poněkud hojnější.

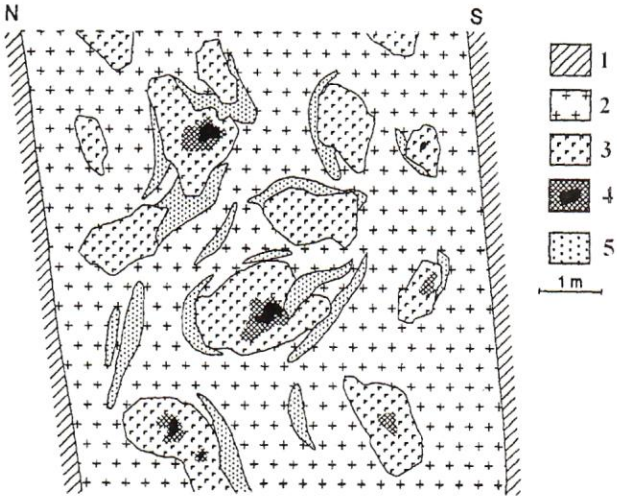
Beryl-columbitové pegmatity

Podle minerálních asociací můžeme vyčlenit dva základní typy – berylové pegmatity bez turmalínu a pegmatity s hojným turmalínem. První je běžný hlavně v sileziku, druhý je typický především pro moldanubikum, ale i zde existují výjimky.

Berylové pegmatity bez turmalínu se v sileziku vyskytují jako poměrně jednoduché muskovitické pegmatity s hojným granátem (almandin-spessartin) a akcesorickými minerály – columbitem, zirkonem, gahnitem a apatitem (Branná, Loučná – Novák et al. 2003b), nebo jako poměrně silně frakciované žíly s granátem (spessartin-almandin) a s řadou dalších akcesorických minerálů, k nimž patří např. ferrotapiolit, minerály skupiny mikrolitu, rynersonit, topaz, ryzí bismut, triplit, turmalín a chryzoberyl (okolí Maršíkova, Šumperk; obr. 8). Typickým znakem je přítomnost sekundárních Be-minerálů, hojný je především bavenit, méně bertrandit a vzácný milarit a euklas (Pokorný a Staněk 1951). Pro berylové pegmatity je typická nízká aktivita B, P a F s výjimkou lokality Scheibengraben, kde je zvýšená aktivita B, P a hlavně F (topaz, muskovit bohatý F; Novák et al. 2003a). Možná sem patří i některé pegmatity s berylem z oblasti svrateckého krystalinika (např. Kovářová u Nedvědice), které zatím nebyly detailněji zpracovány.

Pegmatity v Hrubém Jeseníku nesou jasné stopy metamorfního postižení, jehož projevem je výrazné usměrnění muskovitu především v okrajových zónách prakticky na

všech známých žilách. Část zdejších pegmatitů byla snad metamorfována na střižných zónách za vzniku fibrolitického sillimanitu s výraznou lineací a chryzoberylu (Franz a Morteani 1984, Černý et al. 1992b, 1995a).



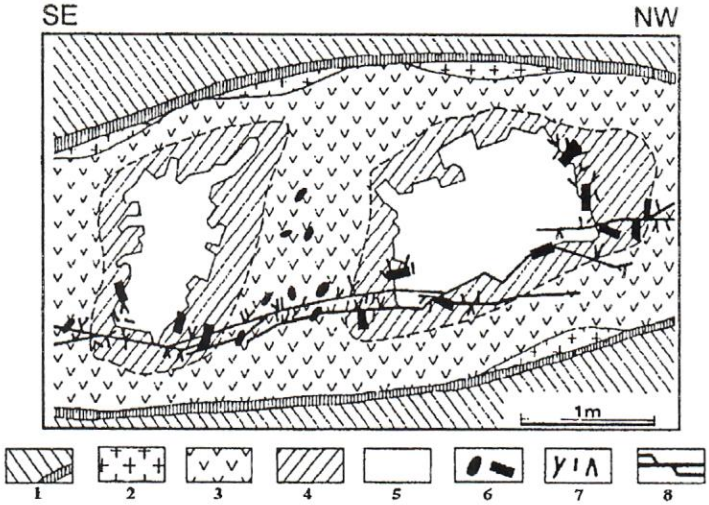
Obr. 8. Idealizovaný řez zonálním beryl-columbitovým pegmatitem z lokality Maršíkov – Scheibengraben (Novák et al. 2003a). 1 – okolní hornina, 2 – hrubě zrnitá jednotka, 3 – grafická jednotka, 4 – bloková jednotka s cleavelanditem (černý), 5 – jednotka cukrovitého albitu.
Fig. 8. Cross section through the beryl-columbite pegmatite from the locality Maršíkov – Scheibengraben (Novák et al. 2003a). 1 – host rock, 2 – coarse-grained unit, 3 – graphic unit, 4 – blocky unit with cleavelandite (black), 5 – saccharoidal albite unit.

Berylové pegmatity s turmalínem vystupují téměř výhradně v oblasti moldanubika a objevují se v dvou specificky odlišných podtypech. První jsou relativně primitivní pegmatity obsahující vedle křemene, živců a někdy hojného muskovitu pouze beryl, turmalín a jen výjimečně další akcesorické minerály, např. granát, zirkon, apatit a columbit. Složení granátu, v němž často výrazně převažuje spessartin, ale ukazuje, že stupeň frakcionace některých pegmatitů je relativně vysoký. K těmto pegmatitům lze zařadit pegmatit Drahonín I u Tišnova (Černý 1956a,b), dále Polničku a Brzkov u Žďáru nad Sázavou, Žďár nad Sázavou, Kamenný Újezd u Českého Krumlova, Rudolfov u Českých Budějovic (Bouška a Čech 1960, Welser 1995), Řendějov a Stříbrná Skalice v Posázaví, Třebešice u Čáslavi, Plaňany u Kolína a Chrášťany u Kdyně (Čech 1985). Poněkud specifickou lokalitou je Budislav u Litomyšle, kde se pegmatit vyskytuje v granitu železnohorského batolitu a jako běžná akcesorie se objevují vedle turmalínu, spessartinu a biotitu také muskovit, allanit a sulfidy (Nováček 1931). Tyto pegmatity tvoří až na výjimky drobné žíly o mocnosti kolem 1 m a většinou nebyly nově detailněji studovány. Výrazněji se odlišuje také berylový pegmatit s turmalínem a ferrocolumbitem z Kostelního Vydří u Telče, kde byl vedle berylu zjištěn primární Ca,Be-fosfát hurlbutit (Novák 1995, Cempírek et al. 1999).

Dalším podtypem jsou berylové pegmatity s turmalínem chudé muskovitem obsahující akcesoricky cordierit, niobový rutil, tantalový rutil, monazit, xenotim, zirkon, apatit, ilmenit, rutil a řadu dalších akcesorických minerálů. Jsou známé hlavně z Písecka (Písek – Obrázek I, Nový rybník, Údraž) a z Věžné u Nedvědice (obr. 9) a jsou také mnohem detailněji zpracované (Černý et al 1984, Čech 1985, Černý a Novák 1992, Novák et al. 2003c). Někdy tvoří mohutná a komplikovaně zonální tělesa o mocnosti až 30 m. Typickým znakem je také přítomnost sekundárních Be-minerálů, které jsou v primitivních berylových pegmatitech vzácné. Na Písecku je hojný bertrandit a vzácný fenakit a milarit, ve Věžné byly zjištěny bertrandit, bavenit, epidydimit, eudidymit a milarit. Pro berylové pegmatity s turmalínem je charakteristická vysoká aktivita B, ale většinou velmi nízká aktivita P a F.

Beryl-columbit-fosfátové pegmatity

Jediným pegmatitem v České republice, který zřejmě dobře odpovídá této definici, je Kynžvart u Mariánských Lázní. Tato lokalita je dnes velmi zašlá, ale nepochybně se jednalo o mohutné, silně diferencované těleso uložené v granitu (Černý a Veselovský 2000). Vedle hojné světlé slídy (muskovit?) v několika generacích, berylu (místy zatlačovaný euklasem) a relativně méně častého turmalínu jsou typickými minerály primární fosfáty, především triplit, triploidit, apatit a amblygonit-montebrasit zatlačovaný lacroixitem a brazilianitem. Charakteristická je přítomnost fluoritu, hematitu, sekundárních fosfátů (např. fluellit) a akcesorických minerálů (manganocolumbit, mikrolit, zirkon, euxenit?) a hlavně silná hydrotermální alterace většiny minerálů. Pro pegmatit z Kynžvartu je typická vysoká aktivita P a F a také B. Tím se odlišuje od většiny pegmatitů v Českém masivu. Přítomnost Li-minerálů ukazuje na poměrně vysoký stupeň frakcionace a nelze ani vyloučit přítomnost Li-slíd (zinnwaldit).



Obr. 9. Idealizovaný řez zonálním beryl-columbitovým pegmatitem z Věžné, upraveno podle Černý a Povondra (1967). 1 – serpentinit s lemem antofylitu, tremolitu, aktinolitu a flogopitu, 2 – granitická okrajová jednotka, 3 – grafická jednotka, 4 – přechodná bloková jednotka, 5 – křemenné jádro, 6 – grafické srůsty cordierit + křemen nebo turmalín + křemen, 7 – niobový rutil a beryl, 8 – trhliny.

Fig. 9. Cross section through the beryl-columbite pegmatite from Věžná, modified from Černý and Povondra (1967). 1 – serpentinite with anthophylite, tremolite, actinolite and phlogopite rim, 2 – granitic border unit, 3 – graphic unit, 4 – intermediate blocky unit, 5 – quartz core, 6 – graphic intergrowths of cordierite + quartz or tourmaline + quartz, 7 – niobian rutile and beryl, 8 – fractures.

Beryl-columbit-fosfátovému subtypu by mohly dobře odpovídat některé pegmatity v oblasti Poběžovice – Domažlice (např. Otov-Větrný vrch), ale jsou vzhledem k jejich geologické pozici (jsou uloženy v rulách a svorech často s kyanitem) řazeny do třídy muskovitové-vzácných prvků. Dále by sem mohly být řazeny některé více frakciované fosfátové pegmatity bez berylu, např. žíla Oldřich z Dolních Borů a Cyrilov. Kromě absence berylu vykazují ale viditelně nižší stupeň frakcionace Mn/(Mn+Fe) a Ta/(Ta+Nb).

5. 5. 4. Komplexní (Li) pegmatity

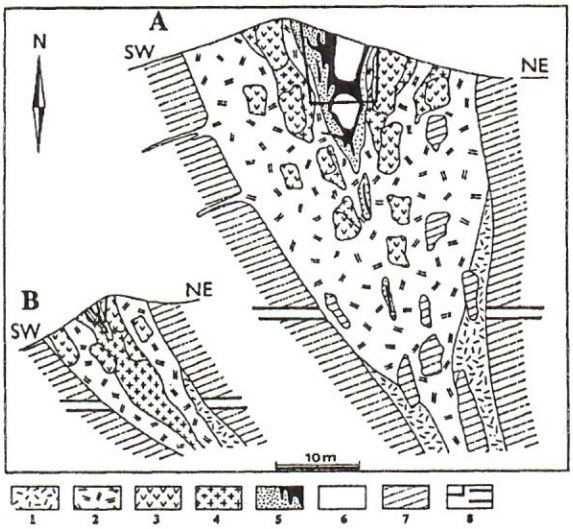
Jsou typické především pro moldanubikum, kde výrazně převládají nad berylovými pegmatity, i když nenápadnost berylu ve srovnání s lepidolitem a elbaity a možná přítomnost berylu v relativně primitivních pegmatitech mohou tento poměr zkreslovat. Komplexní pegmatity zcela chybí v sileziku, kde i obsahy Li v muskovitu jsou anomálně

nízké (nepubl. data autora), ale setkáváme se s nimi v saxothuringiku, i když v poněkud odlišném vývoji.

Komplexní pegmatity se dělí do několika subtypů (tab. 2) a v moldanubiku byly nalezeny lepidolitový, elbaitový a petalitový subtyp. Přítomnost více Li-minerálů na jedné lokalitě v různém objemovém poměru vede k tomu, že některé pegmatity nelze zcela jednoznačně přiřadit k jednomu subtypu a existují pegmatity přechodného charakteru.

Lepidolitové pegmatity

Jsou nejhojnějším subtypem a dnes je u nás známo kolem 50 samostatných žil. Jejich stavba i velikost jsou velmi variabilní, mocnost kolísá od 1 do 35 m (Rožná). Téměř všechny žíly jsou zonální, zjednodušeně od okraje jsou přítomny granitická zóna, grafická zóna, hrubě až drobně zrnitá jednotka s albitem (existuje několik texturních a paragenetických typů), někdy blokový K-živec a křemenné jádro (obr. 10). Lepidolitová jednotka je přítomna na okraji křemenného jádra, popř. ve středu žíly. Lepidolitové pegmatity jsou mineralogicky velmi variabilní, typickým minerálem je vedle lepidolitu Li-turmalín (elbait, rossmanit), ale obsahují i další Li-minerály. Vzácné jsou pegmatity, kde je lepidolit jediným nebo téměř jediným a výrazně převažujícím Li-minerálem (Sedlatice u Želetavy – Houzar 1996), téměř vždy je přítomen elbait, někdy také amblygonit-montebrasit a vzácně i petalit (Jeclov, Chvalovice, Puklice IV, Panská Lhota) vždy více či méně intenzivně zatlačený agregátem křemene a spodumenu (např. v Dobré Vodě a Sušici I nebyly nalezeny ani relikty petalitu). V lepidolitových pegmatitech se především ve strážeckém moldanubiku objevují dutiny s krystaly křemene, albitu, elbaitů, lepidolitu a cookeitem (Dobrá Voda, Laštovičky, Dolní Bory).



Obr. 10. Idealizovaný řez zonálním lepidolitovým pegmatitem z Rožné (Novák 1992). A – Hradisko, B – Borovina. 1 – hrubě zrnitá jednotka s biotitem, 2 – hrubě zrnitá jednotka se skorylem, 3 – grafická jednotka, 4 – granitická jednotka, 5 – albit-lepidolitová jednotka (černě – lepidolitová podjednotka), 6 – křemenné jádro, 7 – okolní hornina a enklávy, 8 – hranice těžby.

Fig. 10. Cross section through the lepidolite pegmatite from Rožná (Novák 1992). A – Hradisko, B – Borovina. 1 – coarse-grained unit with biotite, 2 – coarse-grained unit with schorl, 3 – graphic unit, 4 – granitic uniít, 5 – albite-lepidolite unit (black – lepidolite subunit), 6 – quartz core, 7 – host rocks and enclaves, 8 – mining.

V lepidolitových pegmatitech je téměř vždy hojný muskovit a lepidolit odpovídá nejčastěji trilithionitu (hrubě lupenité růžové a fialové agregáty), ve více frakcionovaných pegmatitech (Rožná, Dobrá Voda) je běžný i polylithionit (jemnozrnné bílé, šedé i fialové agregáty ve středu žil – Černý et al. 1995b). Nárůst stupně frakcionace se odráží také ve vývoji složení turmalínů od černého skorylu až foititu přes tmavě modrý až zelený

Fe-elbait často v asociaci s muskovitem po růžový elbait nebo vzácný rossmanit ve středu žil (Selway et al. 1998, 1999, Selway 1999, Novák 2000), který je téměř vždy v asociaci s lepidolitem. Amblygonit-montebrasit je často zatlačovaný směsí sekundárních fosfátů – lacroxitu, brazilianitu, apatitu a minerálů skupiny crandallitu (goyazit, gorceixit), popř. mladšími generacemi montebrasitu. Jen v některých žilách byl zjištěn polucit (např. Puklice I, Jeclov I). Typické akcesorické minerály zahrnují beryl, granát (almandin-spessartin), apatit, kasiterit, columbit-tantalit, zirkon a topaz, dále řadu vzácných minerálů mikrolit, stibiotantalit, ferrotapiolit, löllingit, monazit, xenotim, triplit, trifylín. Při mladších hydrotermálních alteracích vznikly také zinnwaldit, analcim, cookeit, foitit, fluorit, hydroxyl-herderit, adulár aj. Pro lepidolitové pegmatity je typická vysoká aktivita F a podle množství turmalínu a amblygonit-montebrasitu popř. jiných fosfátů také zvýšená aktivita B a někdy i P. Nejvíce frakciované žíly (např. Rožná, Dobrá Voda, Jeclov I) se vyznačují vysokou aktivitou všech volatilních prvků – F, B i P.

Lepidolitové pegmatity se často vyskytují v lokálních rojích. Nejhojnější jsou v oblasti Jihlava-Luka nad Jihlavou (více samostatných žil v katastru obcí Jeclov, Puklice, Studénky, Příseka – Němec 1993), dále v okolí Borů (Dobrá Voda, Dolní Bory, Laštovičky), širší okolí Rožné (Hradisko, Borovina, Drahonín II). Vzácně jde o izolované žíly (např. Tři Studně u Žďáru nad Sázavou), i když charakter terénu bez výchozů nevylučuje přítomnost dalších pegmatitů v oblasti. Některé žíly obsahují vedle lepidolitu poměrně velké množství elbaitu a blíží se elbaitovému subtypu (Strážek) nebo amblygonitu a blíží se amblygonitovému subtypu (Tři Studně).

Petalitové pegmatity

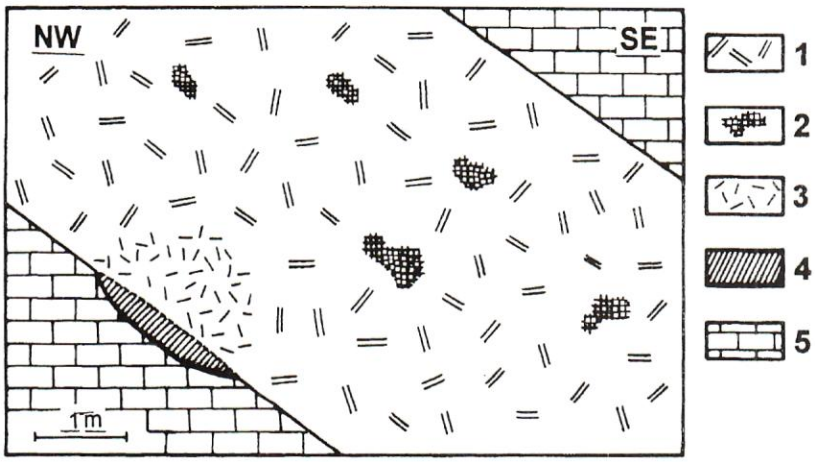
Pegmatit z Nové Vsi u Českého Krumlova je jediným příkladem v ČR, kdy množství lepidolitu a petalitu vedle poměrně hojného elbaitu a amblygonit-montebrasitu odpovídá přechodu mezi lepidolitovým a petalitovým subtypem, a v této práci je řazen k petalitovému (Staněk 1992, Grym 1994). Jeho vnitřní stavba, mineralogie i chemické složení minerálů (slídy, turmalíny) se velmi podobá lepidolitovým pegmatitům, a svojí stavbou i mineralogií se mu nejvíce blíží lokalita Jeclov I u Jihlavy. Vysoký stupeň frakcionace je dokladován i nejhojnějším výskytem polucitu u nás. Od lepidolitových pegmatitů se liší poněkud nižší aktivitou F, proto vznikl hojný petalit místo lepidolitu. Pegmatitu z Nové Vsi jsou podobné lepidolitové pegmatity v jeho okolí, např. Chvalovice a Lhenice u Netolic, a to také dokazuje jeho genetickou příbuznost s lepidolitovými pegmatity.

Elbaitové pegmatity

Pegmatity elbaitového subtypu jsou poměrně rozšířené a byly poprvé popsány právě z oblasti moldanubika (Novák a Povondra 1995). Jsou méně časté než lepidolitové pegmatity a až na výjimky obsahují celkově menší množství Li.

Elbaitové pegmatity tvoří relativně malá tělesa, jejich mocnost nepřesahuje 5 m a také jejich stavba je odlišná od lepidolitových pegmatitů. Některé žíly jsou nevýrazně zonální, roste pouze velikost zrna od okraje do středu (obr. 11). Li-minerály bývají soustředěny do více center v rámci jedné žíly, poměrně časté jsou dutiny s krystaly K-živce, křemene a elbaitu především v oblasti strážeckého moldanubika. Dalším typickým znakem řady žil jsou velmi časté grafické srůsty křemene a K-živce, dále křemene a turmalínu a křemene a granátu. Albitová jednotka tvořená většinou lupenitým světle modrozeleým cleavelanditem je méně častá než v lepidolitových pegmatitech, ale vždy indikuje přítomnost zajímavých minerálů.

Typickým znakem elbaitových pegmatitů je převaha K-živce nad albitem a téměř úplná nepřítomnost primárního muskovitu. Pokud je přítomen lepidolit, jeho složení odpovídá polylithionitu. Červené, červenohnědé, žlutohnědé až špinavě šedozelené elbaity jsou často bohaté Mn, vzácně byl zjištěn i liddicoatit (Řečice, Bližná I, Staněk a Povondra 1987, Novák 2000). V těchto pegmatitech dosud nebyl nalezen petalit a amblygonit je velmi vzácný (Dolní Rožínka; Pauliš a Mazuch 2003). Typické akcesorické minerály jsou velmi podobné lepidolitovým pegmatitům – granát (spessartin), beryl, kasiterit, columbit-tantalit a zirkon. Dále jsou typické B-minerály – hambergit, danburit, datolit, manganaxinit, boromuskovit a řada dalších vzácných akcesorických minerálů, např. niobový rutil, danalit, monazit, thortveitit a pyrochlor. Při mladších hydrotermálních alteracích vznikly např. zinnwaldit, masutomilit, laumontit, muskovit, analcim, fluorit a titanit (Němec 1988, Novák a Povondra 1995, Novák et al. 1999b, Černý 2004). Pro elbaitové pegmatity je typická vysoká aktivita B a většinou nízká aktivita F a hlavně P.



Obr. 11. Idealizovaný řez elbaitovým pegmatitem Bližná I (Novák et al. 1997a). 1 – pegmatitová jednotka A se skorylem, 2 – pegmatitová jednotka A s Li-turmalíny, 3 – pegmatitová jednotka B s Li-turmalíny, 4 – exokontakt s turmalíny, 5 – mramor.

Fig. 11. Cross section through the elbaite pegmatite from Bližná I (Novák et al. 1997a). 1 – pegmatite unit A with schorl, 2 – pegmatite unit A with Li-tourmalines, 3 – pegmatite unit B with Li-tourmalines, 4 – exocontact with tourmalines, 5 – marble.

Dnes je známo zhruba 15 žil, např. Řečice u Nového Města na Moravě, Pikárec u Strážku, Dolní Rožínka, Vlastějovice nad Sázavou, Komárovice a Jeclov II u Jihlavy, Biskupice u Hrotovic, Bližná I a II a Černá v Pošumaví, Ptáčkovna a Kamenné doly u Písku, aj.)., Elbaitové pegmatity se vyskytují v určitých rojích (např. Bližná I, II a Černá v Pošumaví) ale i zcela izolovaně (Vlastějovice). Někdy se objevují v oblastech, kde jsou hojnější lepidolitové pegmatity (okolí Jihlavy – elbaitové pegmatity Jeclov II a Komárovice, okolí Sušice – Sušice I a II – lepidolitové a Sušice III elbaitový s poněkud anomálními akcesorickými minerály – helvin, scheelit, polucit). Poněkud odlišná lokalita jsou Ctidružice u Moravských Budějovic (Čech 1962a). V zonálním pegmatitu s hojnými grafickými srůsty K-živce a křemene je velmi vzácný primární muskovit, jak lepidolit tak i elbait jsou bohaté Mn, dále jsou přítomny beryl, granát (spessartin), mangano-

columbit, kasiterit a např. také hambergit a stokesit. Je blízký elbaitovým pegmatitům, ale zároveň má některé znaky podobné pegmatitu v Kracovicích popisovaného v kapitole 5.7. Exotické pegmatity.

Vztah lepidolitových a elbaitových pegmatitů není zcela jasný. Některé pegmatity, např. Strážek, lze na základě jejich minerálních asociací označit jako přechodné, takže přinejmenším část elbaitových pegmatitů je geneticky blízce příbuzná lepidolitovým pegmatitům. Společné výskyty lepidolitových a elbaitových pegmatitů ve většině regionů a srovnatelné akcesorické minerály také ukazují na jejich genetickou příbuznost.

5.6. Miarolitické pegmatity

Pegmatity s hojnými primárními dutinami představují další třídu granitických pegmatitů. Rozhodujícími faktory pro zařazení do této třídy jsou hlavně přítomnost hojných primárních dutin, úzký prostorový a geochemický vztah k mateřské granitické hornině a vznik v relativně malých hloubkách zemské kůry.

Miarolitické pegmatity tvoří čočkovitá až kapkovitá a popř. i žilná tělesa, většinou jen několik dm mocná s jednoduchou zonální stavbou a minerálním složením, výjimečně dosahují tělesa velikosti několik m. Směrem od okraje se objevuje drobně až hrubě zrnitá granitická jednotka s biotitem (nebo amfibolem), grafická jednotka přecházející do blokového K-živce, a ve středu těles bývá vyvinuta dutina vyplněná krystaly K-živce, křemene a albitu. Přestože jsou v některých granitoidních masivech Českého masivu pegmatity odvozené od okolních granitoidů poměrně časté (např. středočeský batolit, žulovský batolit, pluton Čertova břemene, centrální moldanubický batolit), miarolitické pegmatity s vyvinutými dutinami jsou poměrně vzácné. Většina těles pegmatitů pronikajících granitické plutony má totiž výrazně žilný charakter, často mají ostrý kontakt a hlavně neobsahují dutiny.

Protože je většina miarolitických pegmatitů chemicky a mineralogicky poměrně jednoduchých, je využití publikovaných klasifikací (např. Černý 1991a, Wise 1999) nevhodné. Podle typu mateřského granitu můžeme miarolitické pegmatity poněkud zjednodušeně rozdělit do dvou hlavních skupin.

Pegmatity vázané na I-typové granity

V těchto granitech (liberecký pluton, žulovský batolit a durbachitové masivy hlavně masiv Čertova břemene) miarolitické pegmatity většinou neobsahují primární muskovit nebo jen v malém množství. V libereckém plutonu patří mezi klasické lokality Ruprechtice, Fojtka, Raspenava, Smržovka aj. a vedle již uvedených minerálů jsou poměrně časté zeolity (analcim, chabazit, stilbit), turmalín a vzácně i allanit, U-slídy a topaz (Jablonec nad Nisou – Fišera a Rychlý 1983). Podobná mineralizace je známa také ze Žulovska, kde jsou ale dutinové pegmatity mnohem vzácnější, mineralizace je jednodušší a navíc je přítomen chlorit (Losos et al. 1995).

Nově byly zjištěny miarolitické pegmatity v plutonu Čertova břemene v okolí Kovářova u Milevska a velmi dobře byly odkryty zejména v lomu poblíž Vepic (Škoda et al. 2004). Pegmatity tvořily čočky a kapkovité útvary o velikosti až několik m^3 uložené v porfyrickém durbachitu. Kontakt byl pozvolný, směrem od durbachitu byly zjištěny: přechodná zóna světlého, hrubě zrnitého granitoidu s amfibolem, drobně zrnitá granitická zóna s biotitem, hrubě zrnitý pegmatit s albitem, blokový K-živec (místy amazonit) a křemen s dutinou vyplněnou velkými krystaly záhnědy. Primitivnější pegmatity kromě živců, křemene, biotitu a vzácného titanitu další minerály většinou neobsahují. Více frakciované miarolitické pegmatity, které lze na základě jejich mineralogického složení zařadit

ke gadolinitového subtypu, byly zjištěny z lomu ve Vepicích. Tyto pegmatity obsahují řadu akcesorických minerálů a převážně v hrubě zrnité jednotce byly zjištěny minerály skupiny samarskitu (samarskit-(Y), kalciosamarskit, ishikawait), minerály skupiny pyrochloru (yttrobetafit, yttropyrochlor, uranpyrochlor), fersmit, scheelit, ferrocolumbit, ilmenit, titanit, zirkon, rutil a řada sulfidů – pyrit, pyrhotin, galenit, molybdenit (Škoda et al. v tisku). V dutinách pak byly vedle velkých krystalů záhnědy, K-živce a albitu zjištěny titanit, jílové minerály a vzácně milarit, bertrandit a pyrit.

Pegmatity vázané na S-typové granity

Sem patří především centrální moldanubický batolit, říčanský pluton a pravděpodobně některé masivy v saxothuringiku. Miarolitické pegmatity z centrálního moldanubického batolitu, např. Řásná a Lhotka u Telče, obsahují vedle křemene a živců hojný muskovit, apatit a vzácně i andalusit a turmalín. Pegmatity z Březí u Říčan jsou zřejmě nejvíce frakcionované a obsahují v dutinách i barevné variety turmalínu a kasiterit (Kutina 1944, Láznička 1967), tyto nálezy ale nebyly nově potvrzeny (Velebil 1998). Drobné žíly pegmatitů z lokality Vítkov u Sokolova, karlovarský pluton jsou uloženy v hlavně granitech, popř. pronikají ruly v jejich plášti. Obsahují hojný černý a zelený turmalín, dále fluorit, muskovit, apatit a topaz, místy vyvinuté v dokonalých krystalech do dutin.

5.7. Exotické pegmatity

V Českém masivu byly zjištěny také pegmatity, které lze ve většině případů označit jako granitické a které jsou určitým způsobem neobvyklé až unikátní. Výrazně nezapadají do současných klasifikací svým minerálním a celkovým chemickým složením, mají zvláštní vnitřní stavbou, popř. typ jejich frakcionace je neobvyklý. I když jsou některé pegmatity poměrně primitivní, vesměs se jedná o natolik významné a zajímavé lokality (některé pouze v rámci Českého masivu jiné i celosvětově), že je vhodné je zmínit v této kapitole. Navíc si právě tyto pegmatity nejvíce zaslouží detailní studium.

5.7.1. Primitivní pegmatity

K abysálním popř. subabysálním pegmatitům nejspíše patří řada relativně primitivních pegmatitů obsahujících pouze živce, křemen, slídy a vzácně i další akcesorické minerály. Vzhledem k jejich relativně primitivní stavbě a minerálnímu složení jim ale byla většinou věnována jen malá pozornost.

Záhnědové pegmatity – moldanubikum

Specifický a lokálně velmi rozšířený typ pegmatitů moldanubika, kterému je věnována značná pozornost ze strany sběratelů, ale jen malá pozornost ze strany odborníků. Jejich typickým znakem je přítomnost hojných dutin s krystaly záhněd, albitu, K-živce, muskovitu a případně dalších minerálů, turmalínu, apatitu nebo i granátu, často ve velmi atraktivních ukázkách. Na druhé straně mají velmi úzký vztah k okolním horninám (migmatizované ruly), který se projevuje často konformním uložením pegmatitových žil, někdy přechodnými kontakty a také primitivním minerálním složením i chemickým složením jednotlivých minerálů (např. turmalín; Novák et al. 2004b). Právě absence možných mateřských granitů v místech jejich výskytu, úzké texturní vztahy k okolním metamorfovaným horninám a přítomnost andalusitu a cordieritu ukazují, že jde o pegmatity vzniklé nejspíše natavením okolních hornin za nižších tlaků (hojný andalusit), tedy typický znak metamorfogenních pegmatitů. Tím se výrazně liší od typických miarolitických pegmatitů, kde je vztah pegmatitů ke granitickým horninám velmi úzký.

Na základě dostupných informací lze vyčlenit dva poněkud odlišné subtypy. Jednoznačně nejhojnější jsou záhnědové pegmatity s turmalínem, často i apatitem, silně pinitizovaným cordieritem a andalusitem. Tvoří nepravidelné žíly, čočky a nepravidelná tělesa, konkordantně ale i diskordantně uložené v okolních horninách (více či méně migmatizované biotit-sillimanitické ruly a granulitové ruly místy s granátem). Kontakt s okolní horninou je spíše neostrý, jen diskordantní odžilky mají většinou ostrý kontakt. Velikost pegmatitových těles kolísá od několik cm do několik m. Stavba žil kolísá od velmi jednoduchých žil, kdy krystaly záhněd, živců, slíd, turmalínu a často apatitu narůstají na úzkou zónu složenou z křemene, živců a případně biotitu nebo muskovitu, až po často dokonale symetricky zonální tělesa. V nich jsou od okraje vyvinuty: okrajová jemnozrnná granitická zóna s biotitem, grafická zóna (někdy s biotitem), zóna blokového K-živce a někdy křemenné jádro. Vedle toho se objevují albitem bohaté partie a dutiny vyplněné krystaly záhněd, K-živce, turmalínu a muskovitu často značných rozměrů. Vztah dutin k jednotlivým texturně-parageneticky jednotkách pegmatitů a jejich pozice v rámci tělesa nejsou zcela jasné. Dutiny mohou být přítomny na okraji křemenného jádra, přímo navazovat na grafickou jednotku a nebo se objevují v málo mocných odžilcích větších pegmatitových těles.

Vedle již uvedených hlavních i vedlejších minerálů se někdy v masivním pegmatitu v akcesorickém množství objevují dumortierit, ilmenit a rutil. V dutinách jsou vedle velkých krystalů záhnědy, K-živce, albitu a muskovitu přítomny turmalín (skoryl a dravit, vzácně foitit), apatit, brookit, anatas, pyrhotin, pyrit a výjimečně také kasiterit a granát (almandin-spessartin). Záhněda, albit, muskovit a turmalín se často objevují v několika generacích. Typickým znakem pegmatitů je vysoká aktivita B, místy mírně zvýšená aktivita P a zřetelně nízká aktivita F.

Nejznámější oblast dutinových záhnědových pegmatitů leží ve strážeckém moldanubiku, gföhlská jednotka (obr. 12). zhruba mezi Velkým Meziříčím, Žďárem nad Sázavou a Novým Městem na Moravě s lokalitami Bobrůvka, Bobrová, Cyrilov, Krásněves, Pikárec, Řečice, Sklené, Znetínek aj. Další, méně známé a menší oblasti leží v okolí Rožné a Věžné u Bystřice nad Pernštejnem, dále jsou to Dlouhá Brtnice u Jihlavy,

Obr. 12. Schematická geologická mapa rozšíření záhnědových pegmatitů ve strážeckém moldanubiku. 1 – třebíčský pluton, 2 – oblast záhnědových pegmatitů, 3 – jednotlivé lokality.

Fig. 12. Schematic geological map of the distribution of smoky quartz-bearing pegmatites in the Strážek Moldanubicum. 1 – Třebíč pluton, 2 – region of smoky quartz-bearing pegmatites, 3 – isolated localities.

Lhotka u Tasova, Mysliboř u Telče, Sedletín u Chotěboře, dále na řadě míst v jižních a východních Čechách (Černá v Pošumaví, Bor a Dražíč u Tábora aj.) a v okolí Tachova (ústní sdělení Z. Navrátil 2005).

Drobné dutinové pegmatity s granátem v okolí obce Kámen u Pelhřimova představují další velmi neobvyklý typ. Jsou uloženy v relativně málo metamorfovaných horninách. Typickým minerálem je granát (spessartin-almandin), který tvoří v dutinách dokonale vyvinuté krystaly až 1 cm velké. Bývá doprovázen albitem, muskovitem, záhnědovým křemenem a epidotem. Detailnější údaje o zdejších pegmatitech zatím chybí.

Záhnědové pegmatity byly detailně studovány jen výjimečně a to pouze subtyp s turmalínem (např. Hájek a Staňková 1970, Staněk 1986, Němec 1992, MacBride 2003). Jednotlivé minerály z dutinových pegmatitů studovali např. turmalín – Sekanina (1928), Povondra (1981), Novák et al. (2004b), ilmenit – Novák a Jilemnická (1986), dumortierit – Cempírek (2003).

Markvartice u Třebíče – moldanubikum

V leukokrátních rulách byly zjištěny mikroklinem bohaté mineralogicky i texturně variabilní partie s relativně hojným kalcitem a andraditem a méně častými diopsid-hedenbergitem, epidotem, amfibolem, magnetitem a titanitem (Houzar a Šrein 1990). Horniny mají místy mají pegmatitový charakter (např. grafické textury) a vedle mikroklinu a křemene vyskytuje andradit-grossular v krystalech až několik cm velkých, dále epidot, titanit a zirkon.

Vlastějovice nad Sázavou – moldanubikum

Vedle hojných amfibol-allanit-fluoritových pegmatitů (Žáček et al. 2003, Ackerman 2004), elbaitového pegmatitu s bavenitem, danburitem, datolitem a vzácným fluoritem (Novák a Hyršl 1992) a turmalínových pegmatitů třídy vzácných prvků s albitem, muskovitem a skorylem (Vavřín 1962) byl z této lokality popsán drobný pegmatit složený z křemene, K-živce, albitu a muskovitu (Staněk a Schnorrer 1993). Vedle akcesorického apatitu zde ale byly zjištěny také turmalín-buergerit a fenakit. Především přítomnost buergeritu z něj činí velmi neobvyklý pegmatit, který podobně jako buergerit vyžadují další studium.

Hraničná u Javorníka – lugikum

Zdejší pegmatity tvoří až 3 m mocné čočky a žíly pronikající mramory a magnetitové zrudnění poblíž Hraničné v Rychlebských horách (Litochleb 1972). Typickými minerály jsou světle zelený amazonit se zvýšeným obsahem Pb a Ba, z akcesorických minerálů se objevují allanit, turmalín, a také galenit, sfalerit a magnetit hlavně při kontaktu. Zajímavý je nízký obsah slíd (biotit, muskovit) a viditelné usměrnění (metamorfóza?) pegmatitu (Litochleb 1972). V této oblasti nejsou kromě tonalitů přítomny jiné potenciální mateřské granitické horniny, jejich vztah k pegmatitům je ale nejasný, mohou dokonce být i metamorfogenního původu. Přítomnost allanitu a amazonitu může naznačovat příbuznost k pegmatitům vzácných zemin.

Ruda nad Moravou u Šumperka – lugikum

Pegmatit z vrchu Žďár u Rudy nad Moravou je jedním z nejneobvyklejších pegmatitů v Českém masivu. Tvoří zonální žílu o mocnosti kolem 2 m uloženou v serpentinitu, dnes už zcela vytěženou. Na kontaktu byla vyvinuta poměrně mocná zóna složená z jemnozrnného plagioklasu, klinozoisitu, křemene a grossularu, a z krystalů diopsidu a amfibolu až 5 cm velkých. Vnitřní stavba pegmatitu se podobá klasickým pegmatitům, od

okraje granitická zóna, grafická zóna, hrubozrnný plagioklasový pegmatit, partie blokového K-živce a plagioklasu a křemenné jádro. Neobvyklé je minerální složení, vedle křemene a poměrně vzácného K-živce (místy jako sytě zelený amazonit), je hojný plagioklas (oligoklas až bytownit), běžný grossular (grafické srůsty s křemenem i izolované krystaly; Novák et al. 1985), diopsid často zatlačovaný aktinolitem, allanit a epidot. Typickou akcesorií je zirkon v několika odlišných morfologických, parageneticky a chemických typech, vzácný je titanit, biotit a ilmenit.

Minerálním složením zdejší pegmatit odpovídá spíše tonalitům než granitům. Mineralogické a chemické složení i vzhled kontaktní zóny mezi pegmatitem a serpentinitem se podobá žilám rodingitu, které byly zjištěny na více místech serpentinitového tělesa u Rudy nad Moravou. Vnitřní stavba je ale obdobná jako v klasických pegmatitech, i když hojné grafické srůsty bazického plagioklasu a křemene a grossularu a křemene z grafické zóny jsou v pegmatitech unikátní. Neobvyklé jsou také vysoké obsahy Sr v plagioklasech (až 0,25 % SrO) a v pegmatitu (až 2500 ppm Sr).

Velká Kraš u Vidnavy – lugikum

Mohutná pegmatitová žíla (mocnost desítky m) z Velké Kraše u Vidnavy v žulovském batolitu s objemově výrazně převládajícím křemenným jádrem v současném odkryvu představuje neobvyklý typ pegmatitů v rámci Českého masivu. Tento pegmatit má neostrý kontakt s okolním granitem, následuje bloková zóna K-živce s krystaly monazitu a mohutné křemenné jádro, které zřejmě obsahovalo dutiny s krystaly křišťálu a záhnědy. Další minerály zahrnují vzácný primární muskovit, hydrotermální albit, epidot a hematit. Tento pegmatit se liší velikostí, minerální asociací i vnitřní stavbou s mohutným křemenným jádrem od ostatních pegmatitů žulovského batolitu.

Stavení u Moravského Krumlova – brunovistulikum

Pegmatity brněnského masivu jsou poměrně hojné, ale většinou velmi primitivní. Za zmínku stojí zonální pegmatity Krumlovského lesa z lokality Stavení u Moravského Krumlova (Staněk 1983) a řada dalších lokalit v této oblasti (Hlína). Zonální žíly, až 1 m mocné, jsou uloženy v granitech a typickým akcesorickým minerálem je granát (almandin-spessartin) a magnetit. Okolní leukokrátní granity až pegmatity obsahují akcesorický granát se zvýšeným obsahem Y a také několik vzácných akcesorických minerálů s velmi neobvyklým chemickým složením (zirkon a titanit – oba se zvýšeným obsahem Nb, dále yttropyrochlor, cheralit – Leichmann et al 1999).

5.7.2. Frakcionované pegmatity

V této části jsou uvedeny pegmatity, které vykazují relativně vysoký stupeň frakcionace (odpovídají pegmatitům vzácných zemin, beryl-columbitovému subtypu až komplexnímu typu třídy vzácných prvků) ale jsou výrazným způsobem odlišné od ostatních frakcionovaných pegmatitů popsaných v předešlých kapitolách.

Drahonín u Tišnova - moldanubikum

Dvě zonální pegmatitové žíly z uranového dolu v Drahoníně (Drahonín III a IV) z oblasti drahonínského durbachitu (Sojka 1969, Škoda 2003) mají výrazně peraluminický charakter, ale jejich akcesorické minerály i stupeň frakcionace jsou velmi dobře srovnatelné s pegmatity gadolinitového subtypu např. z Vepic u Milevska (Škoda et al. 2004). První žíla obsahuje hojný turmalín a sekaninait, minerály skupiny samarskitu (samarskit-(Y), kalciosamarskit, ishikawait), minerály skupiny pyrochloru (yttropyrochlor, yttrobetafit, uran-

pyrochlor), scheelit a uraninit (Škoda a Novák 2004). Dále zde byly nalezeny ferrocolumbit, ixiolit, zirkon a monazit. Další podobná žíla Drahonín IV obsahuje hojný turmalín, spessartin se zvýšeným obsahem Y, beryl zatlačovaný bavenitem, bertranditem a analcimem, akcesorický manganocolumbit, kasiterit, mikrolit, yttropyrochlor a yttrobetafit.

Hamry nad Sázavou u Žďáru nad Sázavou – moldanubkum

Mírně usměrněné dvojslídné granity s akcesorickým turmalínem pozvolna přecházejí do hrubozrnných pegmatoidních partií. Vedle velkých lupenů biotitu při okraji pegmatoidních partií jsou hojné velké lupeny muskovitu, sloupcovité krystaly skorylu, vzácně zrna topazu, sloupcovité krystaly berylu, apatit, löllingit často zatlačený arseniosideritem, a granát. Postupné přechody a velmi podobné asociace naznačují, že pegmatit představuje více frakciované partie mateřského granitu (Novák 1981). Podobný typ pegmatitů je v Českém masivu poměrně výjimečný.

Přibyslavice u Čáslavi – moldanubikum

Specifikum této lokality nevyplývá z mineralogického složení, i když je nepochybně velmi zajímavé a bohaté, ale z kombinace vysoce frakcionovaných granitických hornin různého stáří, stupně metamorfního postižení, stupně frakcionace a poněkud rozdílné geochemické specializace, které nemá v Českém masivu obdoby. Těleso turmalín-muskovitové ortoruly místy s akcesorickým granátem (almandin) je pronikáno mladšími tělesy leukokrátního muskovitického granitu, který obsahuje řadu zajímavých akcesorických minerálů, např. velká zrna granátu (almandin), dále turmalín (skoryl), apatit, sillimanit, staurolit, dumortierit, kasiterit, nigerit, gahnit a Mn-siderit. Běžné jsou také hrubozrnné (pegmatoidní) partie uložené v ortorulách i granitu, vždy s hojným turmalínem (skoryl), granátem (almandin) a nodulemi primárních fosfátů (trifylín, graftonit, sarkopsid, fluorapatit), doprovázené řadou akcesorických minerálů (grafit, löllingit, gahnit, staurolit, Mn-siderit, sfalerit) a bohatým společenstvím sekundárních fosfátů (Povondra et al. 1987, 1998, Breiter et al. 2003, 2005). V lomu č. 4 byla zjištěna diskordantní pegmatitová žíla lepidolitového subtypu s ložními odžilky bez granátu, ale obsahující vzácný lepidolit, elbaity a amblygonit a typické akcesorie – apatit, kasiterit a ferrocolumbit. V suti na Tisé skále byly nedávno nalezeny úlomky dalšího lepidolitového pegmatitu (Šrein et al. 2004). Zdá se, že ortorula je prevariského stáří (analogie s hlubockou ortorulou – U-Pb zirkon 506 Ma – Vrána a Kröner 1995), jen mírně deformovaný granit a aplit-pegmatity a nedeformované lepidolitové pegmatity jsou zřejmě variské.

Zárubice u Třebíče – moldanubikum

Dalším neobvyklým typem v rámci Českého masivu je pegmatit ze Zárubic (Houzar a Novák 1985). Zonální ale nepravidelné těleso proniká Ca-bohaté horniny (erlan) a typickým znakem je velmi hojný topaz vedle turmalínu (skoryl), apatitu a vzácného triplitu, berylu a amblygonitu. Tento pegmatit je odlišný od jiných pegmatitů této oblasti extrémně vysokým obsahem topazu a zároveň nepřítomností Li-slíd. Složení turmalínu (skoryl) a živců (vysoký obsah P) jsou ale srovnatelné s jinými moldanubickými pegmatity třídy vzácných prvků.

Kracovice u Třebíče – moldanubikum

Tento pegmatit se svojí minerální asociací výrazně odlišuje od ostatních komplexních pegmatitů (Houzar 1987, Němec 1990a, Novák et al. 1998b, 1999c). Vedle křemene, K-živce místy amazonitového a albitu zde byly nalezeny hojný zinnwaldit a masutomilit,

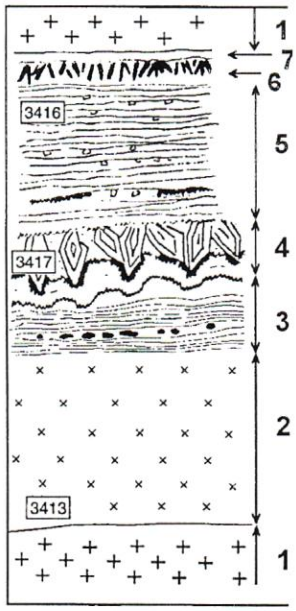
chemický vývoj turmalínů (skoryl až elbait) i slíd (biotit, zinnwaldit, Mn-bohatý lepidolit) je zcela odlišný od ostatních lepidolitových pegmatitů (Novák et al. 1999c, Novák 2000). Dále je velmi hojný topaz, granát (spessartin) obsahuje zvýšená množství Y, hambergit je bohatý F (Novák et al. 1998b) a vyskytují se zde také Y,REE,Nb-oxidy – fergusonit, samarskit-(Y) a yttropyrochlor. Je možné, že Kracovice jsou geneticky příbuzné pegmatitům vzácných zemin třebíčského plutonu, protože výskyt pegmatitu leží jen několik stovek m od z. okraje třebíčského masivu ve směrném pokračování euxenitových pegmatitů mezi Vladislaví a Třebíčí. Vzhledem ke kombinaci vysoké aktivity F, B, Li, Be a REE a neobvyklému složení řady minerálů se jedná o velmi unikátní pegmatit i ve světovém měřítku.

Příbram – bohemikum

Nově byl zjištěn granitický pegmatit, který proniká kambrickými horninami na žilném uzlu Skalka, Příbram. Vedle poměrně častého topazu, který je silně alterovaný a vyskytuje s v asociaci s modrozeleným cleavelanditem, obsahuje Li-slídu odpovídající zinnwalditu až Mn,Fe-bohatému lepidolitu, muskovit, dále hojné pseudomorfózy po sekaninaitu, složené z muskovitu a Fe,Mn-chloritu, skoryl a almandin-spessartin. Dále byl zjištěn vzácný fluorit a akcesoricky sfalerit, niobový rutil a rutil. Vedle Březí u Říčan se jedná o další výrazněji frakcionovaný pegmatit vázaný zřejmě na středočeský batolit.

Podlesí u Horní Blatné – saxothuringikum

Zdejší pegmatit je neobvyklý chemickým složením i vnitřní stavbou. Je součástí velmi komplikovaného a silně frakciovaného magmatického komplexu, složeného z granitového pně pronikaného v horních partiích žilnými granity a jejich součástí jsou i žíly pegmatitů několik dm mocné (Breiter et al. 1997, Breiter 1998, 2001, 2002; obr. 13). Tento granitový komplex zřejmě intrudoval do velmi mělkých partií zemské kůry. Stavba pegmatitů je komplikovaná, krystaly drobně blokového K-živce, kolem 3 cm velké, jsou



Obr. 13. Idealizovaný řez žilnými granit-pegmatity z Podlesí u Horní Blatné (Breiter 2002). 1 – albit-protolithionitový granit, 2 – albit-zinnwalditový granit, 3 – drobně-zrnitá laminovaná hornina s apatitem, 4 – K-živcem bohatá pegmatoidní poloha, 5 – drobně-zrnitá laminovaná hornina (albit+zinnwaldit), 6 – poloha s K-živcem, 7 – drobně-zrnitý granit.

Fig. 13. Cross section through the dike granite-pegmatites from Podlesí near Horní Blatná (Breiter 2002). 1 – albite-protolithionite granite, 2 – albite-zinnwaldite granite, 3 – fine-grained laminated rock with apatite, 4 – K-feldspar-rich pegmatitic layer, 5 – fine-grained laminated rock (albite+zinnwaldite), 6 – layer with K-feldspar, 7 – fine-grained granite.

uložené v jemnozrnné hmotě složené z křemene, albitu a zinnwalditu. Hojný je také topaz a přítomna je řada akcesorických minerálů, např. apatit, kasiterit, uranmikrolit a fluorit. Ještě bohatší asociace akcesorických minerálů je v okolním žilném granitu (např. columbit, wolframit, amblygonit, eosforit, childrenit, trifylín, zwieselit, pyrit, bismutinit, aj.).

Vernéřov u Aše – saxothuringikum

Klasickým příkladem horniny příbuzné pegmatitům je Vernéřov popsaný Čechem (1962b, 1985). Jde o křemen-amblygonit-mikroklinový žilník, kde hlavní žíla dosahuje mocnosti 50–70 cm a délky kolem 1 km. Žilník je uložen diskordantně ve fylitech, kontakt s okolní horninou je ostrý, výjimečně se zde vyskytuje turmalín. Hlavní žíla má jen velmi nedokonale vyvinutou zonálnost, v některých partiích se při kontaktu objevují hrubozrnné srůsty mikroklinu a křemene, které poněkud připomínají grafický pegmatit. Vedle už uvedených minerálů jsou ve vedlejším množství přítomny místy také albit a muskovit. Neobvyklé jsou i akcesorické minerály, mezi nimiž jsou výrazně zastoupeny sulfidy (stannin, kesterit, sfalerit, chalkopyrit a molybdenit) vedle hojného kasiteritu, hojný je také apatit ve více generacích. Typické je také uplatnění mladší hydrotermální fáze, na kterou je vázána část sulfidů a při níž také došlo k alteraci některých primárních minerálů (hlavně amblygonitu) za vzniku a sekundárních fosfátů (trifylín, augelit, crandallit, lazulit, apatit), karbonátů, fluoritu a diasporu. Žilník ve Vernéřově pravděpodobně reprezentuje přechod mezi pegmatity vzácných prvků (amblygonitový subtyp) a vysokoteplotními hydrotermálními žilami s Sn, Cu, Zn, Mo – mineralizací.

6. Kontaminované pegmatity

Pegmatity popisované v předešlých kapitolách nejsou kontaminované z okolních hornin nebo jen velmi slabě, a patří do tzv. čisté linie (Fersman 1960). V Českém masivu se ale poměrně často vyskytují pegmatity, které nesou výrazné stopy kontaminace z okolních hornin. To se projevuje vznikem minerálů (např. pyroxeny, amfiboly, skapolit, fluorit), které nejsou v běžných granitických pegmatitech přítomny vůbec nebo jen zcela ojediněle. Dále často dochází ke vzájemné reakci mezi pegmatitem a okolní horninou, např. k odnosu alkálií hlavně draslíku z pegmatitu a přínosu látek z okolí. Kontaminace se projevuje především výrazným obohacením Ca, Fe a/nebo Mg, ale zřejmě také F, REE a popř. i jiných prvků. Mineralogické (a chemické) složení těchto pegmatitových těles je natolik odlišné od běžných pegmatitů a jejich rozšíření hlavně v oblasti moldanubika tak velké, že jsou zařazeny do samostatné kapitoly.

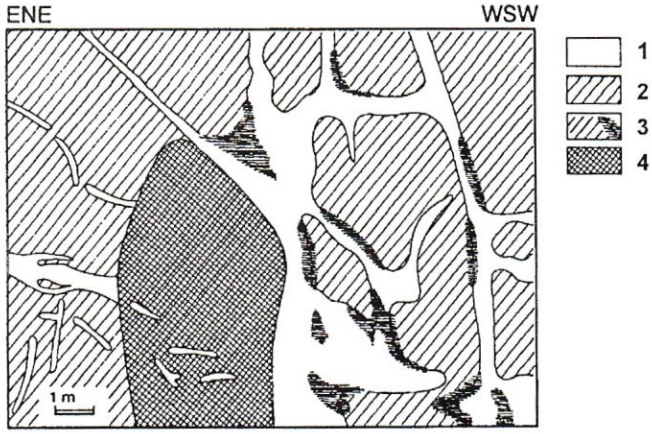
6.1. Primitivní pegmatity

Primitivní pegmatitové taveniny, metamorfogenního ale zřejmě i magmatogenního původu (jejich rozlišení bývá v jednotlivých případech komplikované) často pronikají horninami velmi odlišného chemického složení a výrazně kontaminovány. Podle převládajících nebo typických minerálů jsou primitivní pegmatity řazeny do několika samostatných subtypů.

Amfibol-allanit-fluoritové pegmatity

Specifický typ primitivních pegmatitů vázaných výhradně na tělesa Fe-skarnů. Pegmatity tvoří žíly až žilníky (obr. 14), mocnost jednotlivých žil se pohybuje od několika cm do 3 m. Méně mocné žíly jsou většinou homogenní, u některých mocnějších žil se

objevuje nevýrazná zonálnost projevující se zvětšováním zrna a změnou minerální asociace. Kontakt s okolní horninou může být místy ostrý, většinou jsou ale na kontaktu vyvinuty různě mocné kontaktní zóny s hojným amfibolem, biotitem, fluoritem, allanitem a popř. hedenbergitem, vesuvianem, grossularem a andraditem.



Obr. 14. Amfibol-allanit-fluoritové pegmatity pronikající Fe-skarn ve Vlastějovicích (Novák a Hyršl 1992). 1 – pegmatit, 2 – Fe-skarn, 3 – reakční lem, 4 – magnetit.

Fig. 14. Amphibole-allanite-fluorite pegmatites cutting Fe-skarn at Vlastějovice (Novák and Hyršl 1992). 1 – pegmatite, 2 – Fe-skarn, 3 – reaction rim, 4 – magnetite.

Amfibol-allanit-fluoritové pegmatity jsou silně kontaminované; vedle křemene, oligoklasu a méně častého K-živce se v těchto pegmatitech místy hojně vyskytují amfibol (hastingsit až ferropargasit), tmavě fialový, růžový až bezbarvý fluorit, hedenbergit a allanit. Lokálně hojné nebo naopak jen v akcesorickém množství jsou přítomny také andradit, apatit, ferroaxinit, uvit, dravit, epidot, klinozoisit, ferroaktinolit, skapolit, titanit, zirkon a kalcit. Výjimečně byl zjištěn také světle modrozelený albit (cleavelandit – Domanínek), který naznačuje zvýšený stupeň frakcionace na této lokalitě. Typické jsou hydrotermální alterace, při nichž vzniká např. prehnit, skapolit, minerály epidotové skupiny, apofylit a Ca,REE-fluorkarbonáty (např. bastnaesit, parisit, kalcioankylit). Běžným znakem většiny těchto pegmatitů je často vysoká aktivita F, jen místy zvýšená aktivita B a variabilní ale spíše nízká aktivita P.

Amfibol-allanit-fluoritové pegmatity jsou známy téměř ze všech těles Fe-skarnů moldanubika, kutnohorského a svrateckého krystalinika, zatím nebyly zjištěny např. v Fe-skarnech v okolí Mladé Vožice nebo v Fe-skarnech saxothuringika v Krušných horách. Množství pegmatitů i množství amfibolu, allanitu a fluoritu na jednotlivých žilách se ale výrazně liší, typické lokality jsou např. Vlastějovice nad Sázavou (hojný fluorit i allanit), Malešov u Kutné Hory, Rešice u Moravského Krumlova, Líšná u Nového Města na Moravě (hojný fluorit, vzácný allanit), Domanínek u Bystřice nad Pernštejnem (hojný allanit, vzácný fluorit), a řada dalších. Pegmatity a jejich minerály byly studovány řadou autorů např. Slavík (1951), Vavřín (1962), Němec (1963), Čech a Povondra (1972), Černý a Povondra (1972), Staněk (1977), Mrázek a Vrána (1984), Rezek a Krist (1985), Novák a Hyršl (1992), Goliáš (2002), Filip (2002), Filip et al. (2002), Žáček et al. (2003) a Ackerman (2004). Především hojný výskyt fluoritu a allanitu na některých lokalitách je velmi zajímavý. Žáček et al. (2003) studovali pegmatity ve Vlastějovicích a domnívají se,

že pegmatitová tavenina vznikla natavením metapelitů, které se vyskytují v okolí skarnových těles. Primitivní tavenina pronikala křehké Fe-skarny během nebo těsně po vrcholu metamorfózy. Ve skarnu byla obohacena o Ca, Fe, F a REE, přičemž zdrojem Ca a Fe byly různé Ca,Fe-minerály Fe-skarnu, F byl zřejmě uvolněn z nejstarší generace F-bohatého grossularu, který byl zatlačen F-chudým granátem při regionální metamorfóze (Žáček 1997). REE možná pochází z allanitu, který je běžně přítomen ve skarnu. Přestože byly tyto pegmatity i jejich minerály studovány poměrně často, jejich vznik dosud nebyl detailněji řešen.

Diopsidové pegmatity

Kalcitické i dolomitické mramory, ale někdy i amfibolity a erlany (pyroxenické ruly) jsou pronikány žilami jednoduchých pegmatitů, které někdy obsahují velmi hojný diopsid. Jejich vnitřní stavba je většinou poměrně jednoduchá, od okraje ke středu dochází jen ke zhrubnutí zrna, zonální stavby jsou vzácné. Kontakt s okolním mramorem bývá někdy ostrý. Jindy je zde vyvinutý kontaktní lem složený hlavně z wollastonitu a pyroxenu, jen vzácně se vyskytuje grossular (Houzar 1985).

Velmi jednoduché je většinou i minerální složení, vedle dominujícího K-živce, podřadného křemene, plagioklasu (vzácně převládá nad K-živcem) a hojného až akcesorického diopsidu se můžeme setkat s titanitem a aktinolitem, vzácný je biotit a allanit, místy je poměrně hojný apatit, téměř vždy chybí primární muskovit. Typické jsou hydrotermální alterace diopsidu, který bývá zatlačován aktinolitem a nontronitem. Dále byly zjištěny kalcit, klinozoisit, chlorit, sekundární muskovit, grossular, apofylit, prehnit, skapolit a jen vzácně také fluorit, dravit, allanit a ferroaxinit. Pegmatity někdy přecházejí do žil složených téměř výhradně z hydrotermálních produktů – skapolitu a aktinolitu. Pro tento typ pegmatitů je typická nízká aktivita B a F, místy je zvýšená aktivita P a CO_2.

S diopsidovými pegmatity se můžeme setkat na řadě lokalit v různých geologických jednotkách. Mezi nejznámější lokality v moldanubiku patří okolí Moravských Budějovic (Lukov), Třebíče (Nová Ves, Sokolí, Číchov), Písku, Strakonic, Sušice a Volyně. Diopsidový pegmatit je znám v Supíkovicích u Jeseníku (silesikum), kde ale nelze vyloučit původ taveniny z žulovského masivu, který je nepochybný u podobných pegmatitů ze Starého Podhradí u Žulové a jiných míst na Žulovsku ležících v kontaktním plášti žulovského plutonu. Diopsidovým pegmatitům a jejich minerálům byla věnována zatím jen malá pozornost (Houzar 1985, Novák et al. 1990).

Pegmatit s akcesorickým korundem z lokality Pokojovice u Třebíče představuje poněkud specifický typ, který se podobá diopsidovým pegmatitům především přítomností diopsidu a titanitu v okrajových zónách a apofýzách. Pegmatit tvoří komplikované těleso diskordantně pronikající K-bohaté amfibolity s tenkými polohami mramorů. Vedle převládajícího K-živce, vedlejšího křemene a oligoklasu obsahuje akcesorický korund v krystalech až 10 cm dlouhých, který byl místy poměrně hojný. Dále se zde vyskytují biotit, muskovit, skoryl a vzácně také apatit, zirkon a scheelit. Nově tento pegmatit studovali Trnka a Houzar (1993). Považují jej za primitivní pegmatit podobný pegmatitům pronikajícím mramory, pro přítomnost korundu vyžadují vysokou aktivitu Al a nízkou aktivitu Mg a Fe, případně mohlo také dojít k odnosu alkálií.

Skapolitové pegmatity

Specifickým typem kontaminovaných pegmatitů jsou pegmatity se skapolitem jako jedním z vedlejších, popř. hlavních minerálů. Jsou příbuzné diopsidovým pegmatitům, protože vedle křemene, K-živce a plagioklasu obsahují podobné vedlejší a akcesorické

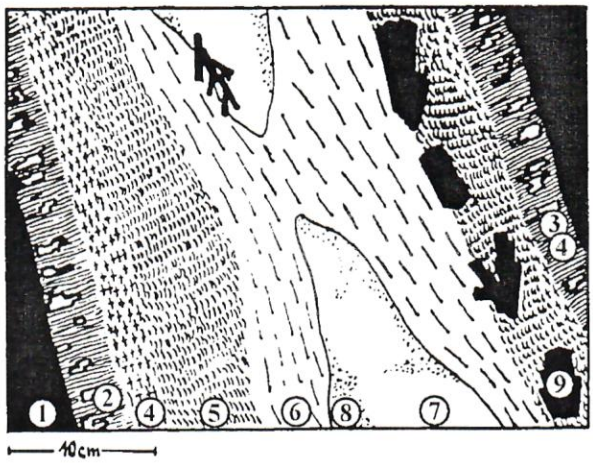
minerály – diopsid, titanit, aktinolit, kalcit, allanit a apatit. Dále pronikají hlavně mramory, mají jednoduchou stavbu a vykazují podobné a místy velmi intenzivní hydrotermální alterace. Pegmatity poměrně často přecházejí do žil složených téměř výhradně z hydrotermálních produktů – hlavně skapolitu, méně aktinolitu, prehnitu, popř. zeolitů. Pro tento typ pegmatitů je typická nízká aktivita B a F, místy zvýšená aktivita P a ve větší míře než v diopsidových pegmatitech se uplatňuje CO_2.

Nejlépe odkrytou je zonální žíla ve Studnici u Nového Města na Moravě. Od okraje žíly téměř 1 m mocné je vyvinuta středně až hrubě zrnitá zóna složená z živců, křemene, aktinolitu a titanitu ve středu s křemenným jádrem obsahujícím nedokonale vyvinuté sloupcovité krystaly skapolitu (mejonit, nepubl. data autora) až kolem 50 cm dlouhé. Žíla pegmatitu přechází postupně do skapolitové žíly bez živců s vedlejším množstvím aktinolitu, kalcitu, apatitu a titanitu. Další podobné výskyty leží hlavně v okolí Moravských Budějovic (např. Lukov) a Třebíče. Skapolitovým pegmatitům ale byla dosud věnována jen velmi malá pozornost. Až na výjimky neznáme chemické složení skapolitu a živců, popř. dalších akcesorických minerálů (Novák et al. 1990).

Oligoklasové pegmatity

Tyto pegmatity patří mezi příklady, kdy odnos draslíku z pegmatitové taveniny doplněný kontaminací pegmatitové taveniny z okolních hornin vede ke vzniku neobvyklého složení pegmatitu. Typickými znaky těchto pegmatitů jsou vedle hojného až dominujícího oligoklasu, nízký obsah křemene a K-živce, přičemž oba často zcela chybí.

Oligoklasové pegmatity (někdy označované jako oligoklasity) tvoří většinou drobná tělesa (žíly, čočky a žilníky; obr. 15) o mocnosti několik cm až max. 1 m. Někdy mají vyvinutou jednoduchou zonálnost, jindy jsou homogenní. Na kontaktu s okolním serpentinitem je vždy vyvinuta reakční zóna, jejíž mocnost bývá někdy srovnatelná s mocností pegmatitu. Je složena především z flogopitu, antofylitu, aktinolitu, chloritu, vermikulitu a/nebo mastku, někdy je přítomen také modrý dravit.



Obr. 15. Oligoklasový pegmatit z Drahonína (Černý 1958). 1 – serpentinit, 2 – antofylit, 3 – aktinolit, 4 – chlorit, 5 – vermikulit, 6 – biotit, 7 – plagioklas, 8 – sericit, 9 – turmalín.
Fig. 15. Oligoclase pegmatite from Drahonín (Černý 1958). 1 – serpentinite, 2 – anthophylite, 3 – actinolite, 4 – chlorite, 5 – vermiculite, 6 – biotite, 7 – plagioclase, 8 – sericite, 9 – tourmaline.

Typomorfním minerálem je křídově bílý až světle šedý oligoklas (vzácně až andezín) a dalšími typickými minerály jsou turmalín (dravit, skoryl), flogopit, aktinolit, diopsid, vzácně apatit, zirkon, grafit, niobový rutil a korund. Při hydrotermálních alteracích vznikaly hlavně prehnit, skapolit, chlority, vermikulit, karbonáty (kalcit, dolomit, aragonit),

minerály skupiny serpentinu, zeolity (thomsonit, harmotom, phillipsit, chabazit) a hydrotalkit. Při hydrotermálních pochodech byl často rozpuštěn a odnesen křemen a zůstaly po něm vyloužené prostory někdy vyplněné sekundárními jílovými minerály nebo opálem.

Oligoklasové pegmatity pronikají téměř výhradně serpentinity (ve všech autorovi známých případech bezgranátické serpentinity) zejména v moldanubiku, popř. ve svrateckém krystaliniku, v jiných geologických jednotkách známé nejsou. Méně často pronikají dolomitické mramory. Typické lokality leží v okolí Drahonína u Tišnova, patří sem jednoduché žíly v okolí Věžné u Nedvědice, dále Věchnov u Bystřice nad Pernštejnem, Tři Studně u Nového Města na Moravě, Hrubšice u Oslavan, Mohelno, Smrček u Nedvědice, Mirošov u Strážku, Všechlapy u Bechyně a Stupná u Křemže. Oligoklasit s modrým dravitem uložený v dolomitickém mramoru se vyskytuje v Prosetíně u Olešnice (moravikum). Detailně byly studovány hlavně Černým (1958, 1960, 1963, 1965), některé minerály např. Rosickým a Koktou (1931), Černým et al. (1964, 2000), Černým a Povondrou (1966, 1967), Sekaninou (1965), Povondrou a Novákem (1986).

6.2. Frakcionované pegmatity

Stupeň kontaminace frakcionovaných berylových a komplexních pegmatitů je v porovnání s primitivními pegmatity většinou nízký, a to i v případě, že pronikají horninami velmi kontrastního chemického složení. Nízký stupeň kontaminace většinou nemá žádný nebo jen velmi malý vliv na mineralogické složení pegmatitu, takže není důvod vyčleňovat samostatné subtypy, jako je tomu u primitivních pegmatitů. V této kapitole uvádím vybrané příklady prokazatelné kontaminace u více frakcionovaných pegmatitů.

Pegmatity pronikající serpentinity

V současné době je známo několik žil berylových (Věžná) a komplexních pegmatitů (petalitový pegmatit z Nové Vsi u Českého Krumlova, lepidolitový pegmatit z Radkovic a elbaitový pegmatit z Biskupic u Hrotovic), které pronikají serpentinity a které nesou více či méně výrazné stopy kontaminace okolní horninou. V této práci jsou blíže diskutovány jen nejtypičtější a detailněji zpracovávané lokality.

Berylové pegmatity z Věžné u Nedvědice byly studovány v řadě prací (např. Černý et al. 1984, Černý a Novák 1992, Novák et al. 2003c) a jsou vzácným příkladem výrazné kontaminace více frakciovaných pegmatitů v Českém masivu. Zonální, asi 2 m mocná pegmatitová žíla **Věžná I** ležící na pravém břehu Nedvědičky představuje typický beryl-columbitový pegmatit s ojedinělou a objemově bezvýznamnou čočkou Li,Cs-minerálů (polucit, lepidolit, elbait, Cs-beryl, Cs-lepidolit) a dalších akcesorických minerálů (např. triplit, apatit, bismut, hübnerit, brabantit, analcim, harmotom). Kontaminace se projevuje téměř ve všech texturně-parageneticky jednotkách vysokým poměrem Mg/Fe v biotitu, cordieritu a turmalínu, zvýšené obsahy Mg byly zjištěny také v berylu a v odmíšeninách ferrocolumbitu v niobovém rutilu (Černý a Povondra 1966, 1967, Povondra 1981, Černý et al. 1984, 2000). Nejvíce frakciovaná partie s Li,Cs-minerály už nenese žádné stopy kontaminace, všechny studované minerály (turmalíny, zeolity, slídy) neobsahují žádný Mg, pouze pozdní Cs-lepidolit pronikající po trhlinách polucitem obsahuje až 3 hm. % MgO. Žíla oligoklasitu **Věžná II** ležící v lůmku na levém břehu Nedvědičky je kontaminována výrazněji. Z tmavých minerálů je poměrně hojný tremolit, K-živec zcela chybí, křemen, turmalín, beryl a tantalový rutil jsou vzácné.

Oba pegmatity podlehly hydrotermální alteraci, která se projevuje na žíle Věžná I zatlačováním řady minerálů, hlavně cordieritu a berylu, a především rozpouštěním křemene v grafické zóně. Oligoklasit Věžná II je alterovaný výrazněji, plagioklas je masiv-

ně zatlačen prehnitem a zeolity, na puklinách a v dutinách po vylouženém křemeni se objevují kerolit, hydrotalkit, kalcit a aragonit. Obě žíly mají velmi dobře vyvinuté kontaktní lemy složené z antofylitu, aktinolitu, flogopitu, chloritu, vermikulitu a mastku mocné až několik dm.

V komplexních pegmatitech pronikajících serpentinity je stupeň kontaminace mnohem nižší a je dokonce obtížné ji spolehlivě prokázat. Např. turmalíny z **Nové Vsi u Č. Krumlova a Radkovic** vykazují zvýšené obsahy Mg jen v okrajové zóně a tyto obsahy se neliší od turmalínů z jiných srovnatelných pegmatitů pronikajících např. ruly nebo amfibolity (Selway et al. 1999, Selway 1999, Novák 2000). Především v Radkovicích došlo téměř k úplnému vyloužení křemene ve všech texturních jednotkách, které jsou vyplněny jílovými minerály, v Nové Vsi k rozpouštění křemene vůbec nedošlo. Kontakty obou žil nebyly studovány.

Pegmatity pronikající mramory

Mramory (dolomitické i kalcitické) proniká několik komplexních pegmatitů moldanubika (zonální lepidolitové pegmatity z Krasonic u Telče a Sušice I, zonální elbaitové pegmatity z Dolní Rožínky, Sušice III a Vratěnína u Jemnice, a nedokonale zonální elbaitový pegmatit Bližná I u Černé v Pošumaví). V současné době není znám žádný berylový pegmatit pronikající mramory.

Detailně byl studován pegmatit **Bližná I** pronikající dolomit-kalcitické mramory (Novák et al. 1997a, 1999b, Novák 2000, Černý 2004). Je nedokonale zonální (obr. 11), od okraje se mění pouze zrnitost, typické pegmatitové jednotky jako grafické srůsty křemene a K-živ-ce nebo blokové K-živce jsou poměrně vzácné, v pegmatitu zcela chybí slídy. Detailní studium turmalínů ukázalo, že jsou obohacené Mg a Ca (uvit, dravit, liddicoatit), a to výrazněji než v jiných elbaitových pegmatitech (Novák 2000). Během krystalizace pegmatitu dochází postupně ke snižování obsahu Mg, takže nejmladší primární turmalíny elbait a liddicoatit Mg vůbec neobsahují. Neobvyklý je vláknitý modrý dravit narůstající popř. zatlačující elbait, který je hydrotermálního původu a ukazuje na nový přínos Mg z okolí (Novák 1998). Složení živců na zvýšenou aktivitu Ca neukazuje s výjimkou pozdně magmatického andezínu v asociaci s liddicoatitem a elbaitem, ale relativně běžné jsou jiné akcesorické Ca-minerály, např. diopsid titanit, manganaxinit a kalcit (Černý 2004).

Zatímco v pegmatitu z Bližné I je kontaminace pegmatitu Mg a Ca prokázána, u ostatních pegmatitů pronikajících mramory je stupeň kontaminace mnohem nižší a projevuje se pouze mírně zvýšenými obsahy Ca, popř. Mg v turmalínu (Novák 1998, 2000). Živce většinou nebyly detailněji studovány. Pegmatity pronikající mramory mají vyvinuté jen nesouvislé kontaktní lemy mocné většinou jen několik mm, výjimečně nad 1 cm. V **Krasonicích** je na kontaktu s kalcitickým mramorem vyvinut reakční lem složený z wollastonitu, grossularu, pyroxenu, vesuvianu a klinozoisitu, elbaitové pegmatity **Bližná I** a **Dolní Rožínka** uložené v dolomit-kalcitických a dolomitických mramorech mají vyvinut velmi úzký lem tremolitu. Na jiných lokalitách nebyly kontaktní projevy studovány.

Pegmatity pronikající Fe-skarny

Elbaitový pegmatit z **Vlastějovic nad Sázavou** je jediným více frakcionovaným pegmatitem pronikajícím Fe-skarny. Asi 2 m mocná žíla s nedokonale vyvinutou zonálností je složena z převládajícího K-živce, křemene a turmalínu, pouze v podřadném až akcesorickém množství se vyskytují plagioklasy (oligoklas až albit), danburit a biotit. Vliv okolní horniny se projevuje vysokými obsahy Fe v biotitu a turmalínu, zvýšeným

obsahem Ca v turmalínu (Povondra et al. 1985, Novák 2000) a také přítomností akcesorického magnetitu, danburitu a datolitu. Oba poslední minerály se ale objevují i v elbaitových pegmatitech, kde se vliv kontaminace nepředpokládá. Vzácný fluorit může být také produktem kontaminace. Ve srovnání s amfibol-allanit-fluoritovými pegmatity ve Vlastějovicích má tento pegmatit jen nevýrazné kontaktní lemy (Čech 1985).

Srovnáme-li stupeň kontaminace primitivních a frakcionovaných pegmatitů, rozdíly jsou zcela zřejmé. Kontaminace se u primitivních pegmatitů projevuje vznikem nových fází, které jsou místy dokonce velmi hojné (pyroxeny, amfiboly, fluorit). U více frakcionovaných pegmatitů je vznik nových minerálů spíše výjimečný (diopsid, titanit). Tyto minerály se vyskytují pouze v akcesorickém množství, a kontaminaci lze zachytit podle vyššího množství relevantních prvků (Ca, Mg, Fe) v minerálech, které jsou v pegmatitu běžně přítomny (např. turmalín, biotit). Oba typy se také liší reakčními lemy, které jsou mocnější u primitivních pegmatitů.

Při diskusi reakčních lemů na styku pegmatitů a okolních hornin je nutné brát v úvahu také reakční lemy vznikající reakcí fluid uvolněných z vysoce frakciovaných pegmatitů bohatých B, Li, Cs aj. (Morgan a London 1987), tedy pohyb fluid z pegmatitu do okolních hornin. Projevuje se přítomností Ca,Mg-turmalínů (dravit, uvit), biotitu se zvýšeným obsahem Cs a F, a holmquistitu (Morgan a London 1987). Tento typ reakcí je ale v pegmatitech Českého masivu zcela výjimečný (např. enklávy rul s hojným turmalínem v Rožné; Novák a Selway 1997, nebo turmalínová poloha vyvinutá lokálně na styku pegmatitu s mramorem v Bližné I; Novák et al. 1997a, 1999b).

7. Petrogenetická klasifikace pegmatitů

Zatímco členění pegmatitů do tříd – abysální, muskovitová, muskovitová-vzácných prvků, vzácných prvků a miarolitická, použité v předešlých kapitolách, je spíše deskriptivní, jsou pegmatity třídy vzácných prvků a miarolitické pegmatity v závislosti na chemické signatuře mateřské granitické horniny klasifikovány do tří genetických skupin (anglicky family; Černý 1991a):

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, a pegmatity patřící do této skupiny jsou vzácné a většinou nejsou spolehlivě zařaditelné (Černý 1991a, 2000).

Mineralogicky se obě skupiny liší. V LCT pegmatitech se vyskytují např. lepidolit, spodumen, petalit, amblygonit-montebrasit, polucit, columbit-tantalit) a peraluminické minerály (andalusit, cordierit, turmalíny). Pro NYF pegmatity jsou typické hlavně REE-minerály (allanit, monazit, xenotim, minerály skupiny euxenitu, aeschynitu a samarskitu, fergusonit, gadolinit, aj.) a metaaluminické minerály (např. amfiboly). Beryl ale i řada dalších minerálů (např. biotit, muskovit, zinnwaldit, monazit, xenotim, zirkon, fluorit, topaz) se mohou vyskytovat v obou skupinách.

V České masivu lze většinu více frakcionovaných pegmatitů zařadit bez větších problémů do jednotlivých skupin, přičemž poněkud jednodušší situace je u NYF pegmatitů, protože u nich známe velmi často jejich mateřský granit. Patří sem pegmatity typu vzácných zemin (allanitový, euxenitový a gadolinitový subtyp), vyskytující se téměř výhradně v *I*-typových granitech a velmi pravděpodobně i některé miarolitické pegmatity vázané na *I*-typové granity (tab. 3). Pro LCT pegmatity je situace poněkud komplikovaná tím,

že jejich mateřské granity často neznáme. Přesto můžeme na základě mineralogického složení i možného vztahu pegmatitů k *S*-typovým granitům do LCT rodiny zařadit pravděpodobně všechny berylové pegmatity (beryl-columbitový a beryl-columbit-fosfátový subtyp) a komplexní pegmatity (petalitový, lepidolitový a elbaitový subtyp) v oblastech moldanubika, saxothuringika a silezika (tab. 3).

Tabulka 3. Přehled pegmatitů třídy vzácných prvků a miarolitické třídy Českého masivu (klasifikace upravena podle Černý 1991a a Wise 1999).

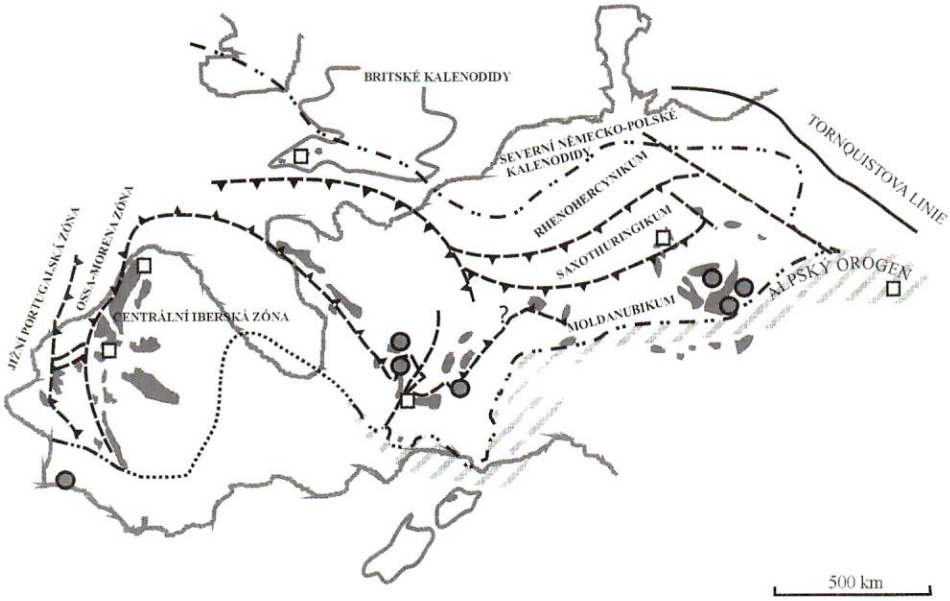
Table 3. Review of pegmatites of the rare-element and miarolitic class of the Bohemian Massif (the classification was modified from Černý 1991a and Wise 1999).

Typ/type	Subtyp/subtype	Typické příklady/typical examples
NYF skupina/family		
vzácných zemin	allanitový	Chlumek, Babice, Ruprechtice, Žulová, Brno
	euxenitový	Třebíč, Kožichovice, Pozďátka, Vladislav, Klučov, Bochovice
	gadolinitový	Vepice
LCT skupina/family		
berylový	beryl-columbitový	Písek, Údraž, Věžná, Drahonín I, Žďár nad Sázavou, Kovářová, Kostelní Vydří, Rudolfov, Třebešice, Plaňany, Chrášťany, Budislav, Maršíkov, Šumperk, Branná
	beryl-columbit -fosfátový	Kynžvart u Mariánských Lázní
komplexní (Li)	petalitový	Nová Ves u Českého Krumlova
	lepidolitový	Rožná, Dobrá Voda, Dolní Bory, Laštovišky, Drahonín II, Radkovice, Sedlatice, Krasonice, Jeclov I, Puklice, Panská Lhota, Chvalovice, Sušice I
	elbaitový	Řečice, Pikárec, Dolní Rožínka, Biskupice, Komárovice, Jeclov II, Vlastějovice, Bližná, Černá, Písek, Sušice III,
Mixed skupina/family		
		Kracovice, Drahonín III a IV

Do tzv. Mixed skupiny by mohly patřit pouze tři pegmatity z moldanubika popsané v kapitole o exotických pegmatitech – Drahonín III a IV u Tišnova a Kracovice u Třebíče. Jsou uloženy v rulách v těsné blízkosti *I*-typových durbachitových plutonů, s nimiž jsou velmi pravděpodobně geneticky svázané. Typickým znakem těchto pegmatitů je přítomnost REE-minerálů (Drahonín – samarskit-(Y), kalciosamarskit, ishikawait, yttropyrochlor, yttrobetafit, uranpyrochlor; Kracovice – fergusonit, samarskit-(Y), yttropyrochlor a Y-spessartin) na jedné straně a minerálů typických pro LCT pegmatity (Drahonín – sekaninait, turmalín; Kracovice – elbait, lepidolit) na straně druhé.

8. Regionální rozšíření jednotlivých typů granitických pegmatitů v Českém masivu

Český masiv je součástí hercynské orogenní zóny (obr. 16). Tato oblast je složena z několika mikrokontinentů, které spolu kolidovaly během paleozoika (Franke 2000). Byly v ní vyčleněny následující základní regionální jednotky, které se více či méně uplatňují na území České republiky: zóna moldanubická, zóna sasko-durynská a zóna rhenohercynská. V rámci těchto hlavních zón bylo v této práci používáno následující regionálně-geologické členění (srovnej např. Mísař et al. 1983, Dallmayer et al. 1995, Franke 2000, Franke a Żelaźniewicz 2000, Chlupáč et al. 2002): oblast moldanubická (moldanubikum), oblast tepelsko-barrandienská nebo středočeská (bohemikum), oblast sasko-durynská (saxothuringikum), oblast západosudetská (lugikum) a oblast moravsko-slezská (silesikum, brunovistulikum a moravikum). Toto rozdělení bude využíváno pro regionální klasifikaci granitických pegmatitů, i když regionálně-geologické členění Českého masivu a jeho geologický vývoj jsou stále předmětem diskuse a i tento článek by k ní mohl přispět.



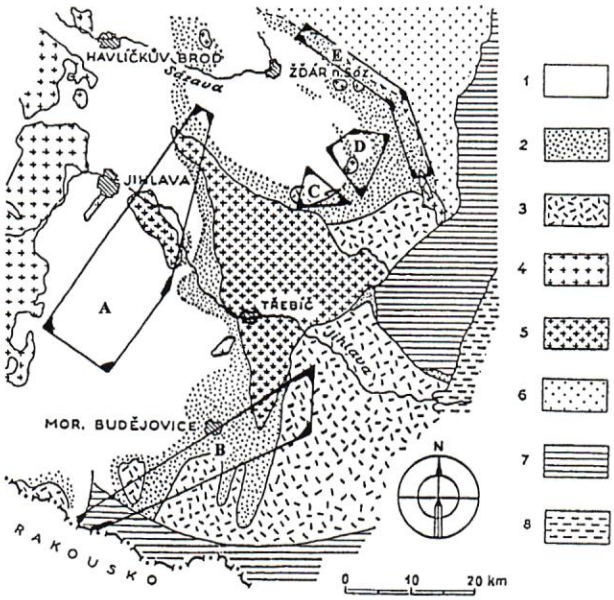
Obr. 16. Schematická geologická mapa hercynské orogenní zóny. Světlé pole – metamorfované horniny, tmavé pole – variské granitické batolity, kroužky a čtverečky – turmalinické granity.

Fig. 16. Schematic geological map of the Hercynian orogennic zone. Pale grey area – metamorphic rocks, dark area – Variscan granitic batholiths, circles and squares – tourmaline granites.

Regionální klasifikace granitických pegmatitů v oblasti Českého masivu, resp. jeho části na území České republiky, byla publikována více autory, např. Grym (1975), Čech et al. (1981), Čech (1985) a Novák et al. (1992). Předložená klasifikace vychází především ze členění publikovaného Novákem et al. (1992), dále z regionálního členění Českého masivu. V neposlední řadě je také založena na nových terénních, mineralogických, geochemických a radiometrických datech. Vyčleněné oblasti jsou regionálně geologické a ne spíše geograficky regionální jako je tomu v klasické práci Mineralogie Československa (Čech et al. in Bernard 1981).

8.1. Moldanubická oblast (moldanubikum)

Moldanubikum zahrnující také kutnohorské a svratecké krystalinikum je na pegmatity jednoznačně nejbohatší jednotka v rámci Českého masivu a vyskytuje se zde celá škála různých tříd, typů a subtypů pegmatitů (tab. 3). Jsou zde známy abysální pegmatity, většinou bohaté Al, vyskytující se na sv. okraji moldanubika, a „subabysální" pegmatity běžné hlavně v oblastech intenzivní migmatitizace. Hojné jsou různé typy relativně primitivních pegmatitů třídy vzácných prvků, včetně více frakcionovaných např. fosfátový subtyp (tab. 3). Pegmatity vzácných zemin třídy vzácných prvků jsou vázány výhradně na tělesa durbachitů a jejich blízké okolí, a mohou mít i miarolitický charakter. Poměrně rozšířené jsou i berylové pegmatity třídy vzácných prvků. Zvláště typické jsou komplexní (Li) pegmatity s převahou lepidolitového subtypu nad elbaitovým. LCT pegmatity výrazně převládají nad NYF, ale i ty jsou relativně hojné, velmi vzácný je tzv. Mixed typ (Kracovice, Drahonín III a IV), pokud tyto pegmatity nepatří přímo k NYF pegmatitům. Přítomnost petalitu na některých lokalitách (Nová Ves u Českého Krumlova a Chvalovice – jižní Čechy, Jeclov I, Puklice IV a Panská Lhota – Jihlavsko) nebo pseudomorfóz po petalitu složených ze spodumenu a křemene (Dobrá Voda u Velkého Meziříčí, Sušice I) ukazují na relativně nízký tlak při intruzi pegmatitové taveniny nižší než 2,5–3 kbar pro komplexní pegmatity a pravděpodobně i pro ostatní pegmatity třídy vzácných prvků (hojný andalusit a cordierit-sekaninait). Geochemicky lze LCT pegmatity charakterizovat následovně: B > F > P, u více frakciovaných např. lepidolitových pegmatitů F > B > P, a Li > Be, u NYF pegmatitů B > F, P a Be >>> Li, ale celkově je aktivita těchto prvků vý-



Obr. 17. Schematická geologická mapa rozmístění oblastí komplexních pegmatitů na západní Moravě, upraveno podle Novák a Houzar (1996). A – lepidolitové pegmatity oblasti Jihlava – Krasonice, B – elbaitové pegmatity oblasti Vratěnín – Radkovice, C – lepidolitové pegmatity oblasti Bory, D – elbaitové pegmatity oblasti Řečice – Pikárec, E – lepidolitové pegmatity oblasti Rožná. 1 – monotónní a pestrá jednotka, 2 – jednotka s dolomity a amfibolity, 3 – gföhlská jednotka a granulity, 4 – granity centrálního moldanubického batolitu, 5 – durchachity, 6 – svratecké a poličské krystalinikum, 7 – moravikum, 8 – karbonské a permské sedimenty.

Fig. 17. Schematic geological map showing distribution of complex pegmatite districts in western Moravia, modified from Novák and Houzar (1996). A – lepidolite pegmatites of the Jihlava-Krasonice district, B – elbaite pegmatites of the Vratěnín – Radkovice district, C – lepidolite pegmatites of the Bory district, D – elbaite pegmatites of the Řečice – Pikárec district, E – lepidolite pegmatites of the Rožná district. 1 – Monotonous and Variageted unit, 2 – unit with dolomites and amphibolite, 3 – Gföhl unit and granulites 4 – granites of the Central Moldanubian batholith, 5 – durchachites, 6 – Svratka and Polička Unit, 7 – Moravicum, 8 – Carboniferous and Permian sediments.

razně nižší než v LCT pegmatitech. Jako typické minoritní prvky jsou v LCT pegmatitech přítomny As, Sn, Sb, Rb, Cs a W, naopak velmi vzácný je např. Bi.

V rámci moldanubika existují oblasti s viditelným nahromaděním pegmatitů (širší okolí Písku, strážecké moldanubikum, okolí Jihlavy, okolí Sušice, pestré jednotky v okolí jihočeských granulitových těles), jiné oblasti jsou naopak pegmatity relativně chudé (svorové zóny, monotónní jednotky). Specifickou oblastí je strážecké moldanubikum, kde jednotlivé často geochemicky výrazně odlišné typy a subtypy pegmatitů obsahují relativně často dutiny s velkými krystaly minerálů. Jednotlivé populace pegmatitů nerespektují hranice např. gföhlské a drosendorfské jednotky tak, jak jsou dnes obvykle vyčleněny (obr. 17), a komplexní pegmatity pronikají i mramory (např. Vratěnín u Jemnice, Bližná v Pošumaví), které jsou litologicky velmi podobné mramorům olešnické skupiny, řazeným k moraviku (srovnej Suess 1903, 1912, Cháb et al. 1992, Houzar a Novák 2001).

Moldanubikum výrazně přesahuje na území Rakouska a Německa. V Rakousku byly zjištěny velmi podobné pegmatity, ze třídy vzácných prvků – andalusitové, turmalínové, lepidolitové a elbaitové (např. lokality Königsalm, Maigen, Eibenstein; Niedermayr 1969, Hehenberger 1997, Ertl et al. 2004), a také záhnědové pegmatity.

Oblast moldanubika na území Německa tvořená především bavarikem, které je poněkud odlišné od hornin moldanubika na území ČR. Zdejší pegmatity jsou zčásti srovnatelné, např. pegmatity třídy vzácných prvků – turmalínové, andalusitové a berylové (Strunz et al. 1975, Grimm 1991, 1992). Zřetelně odlišné jsou ale světově proslulé beryl-columbit-fosfátové pegmatity z řady lokalit (např. Hagendorf, Zwiesel, Pleystein aj.; Strunz et al. 1975, Mücke et al. 1990), které nemají na území České republiky obdobu. Mají odlišnou vnitřní stavbu, vykazují vysokou aktivitu P (hojné primární fosfáty) ale nízkou aktivitu F a B a převahu Be nad Li, tím se liší od všech známých pegmatitů české i rakouské části moldanubika. Bavarikum tak představuje z pohledu granitických pegmatitů oblast výrazně odlišnou od ostatních částí moldanubika. Na druhé straně jsou tyto pegmatity mineralogicky nápadně podobné pegmatitům třídy muskovitové – vzácných prvků v okolí Otova a Meclova (běžný beryl, hojné primární Fe,Mn,Mg,Ca,Li-fosfáty a jejich sekundární produkty a vzácný turmalín). Bavorské pegmatity jsou ale postektonické a jejich stáří je variské (Glodny et al. 1998). V oblasti bavarika také leží neobvyklé miarolitické (NYF?) pegmatity v granitech na lokalitě Tittling, Fürstensteinský pluton, kde se v dutinách vyskytují Be-minerály (beryl, milarit, bavenit, bityit), zeolity (stilbit, laumontit, chabazit), dále samarskit, zirkon, apatit a titanit (Tennyson 1960). I tyto pegmatity ukazují převahu Be and Li a nízkou aktivitu pro moldanubikum typických volatilních prvků B a F.

Určitá podobnost existuje mezi pegmatity moldanubika a krystalinika Góry Sowie v Polsku. Zdejší pegmatity obsahují běžně turmalín, granát, místy cordierit, typická je také přítomnost berylu (popř. chryzoberylu), primárních fosfátů (beusit, sarkopsid) a akcesorických Nb,Ta-oxidů (manganocolumbit, manganotantalit, stibiocolumbit, pyrochlor-mikrolit, holtit; Pieczka et al. 1997, Pieczka 2000). Lze je zařadit ke třídě vzácných prvků, berylový typ a možná i beryl-columbit-fosfátový subtyp (Pieczka 2000).

8.2. Tepelsko-barrandienská oblast (bohemikum)

V této oblasti jsou pegmatity relativně méně časté a jsou soustředěny téměř výhradně při okrajích této jednotky, které jsou metamorfované v amfibolitové facii: na styku bohemika a moldanubika (Domažlice – Poběžovice), a na styku bohemika a saxothuringika (širší okolí Teplé; obr. 18). V oblasti bohemika leží také pegmatity odvozené od variských batolitů vystupujících na styku bohemika a přilehlých jednotek, např. pegma-

tity železnohorského batolitu (Budislav), pegmatity středočeského batolitu místy pronikající jen velmi slabě metamorfované sedimentární horniny v okolí Příbrami (Stočes 1918) včetně ojedinělého komplexního (Li)-pegmatitu v Příbrami (nepubl. data autora).

Obr. 18. Schematická geologická mapa západní části bohemika s rozmístěním granitických pegmatitů (Vejnar 1968). 1 – gabra až gabrodiority, 2 – křemenné diority, 3 – amfibol-biotitické granodiority a křemenné diority, 4 – biotitické adamelity, 5 – křemenné diority a porfyrické granodiority, 6 – lestkovský granodiorit, 7 – biotitické granity, dvojslídné granity a albitické granity, 8 – západočeské proterozoikum, 9 – svory a plagioklasové pararuly, 10 – biotit-sillimanitické migmatity, 11 – cordierit-sillimanitické ruly, 12 – metamorfogenní pegmatity: a) cordierit-ortoklasové, b) mikroklinové, 13 – gabrové pegmatity, 14 – granitické pegmatity: a) muskovitové, b) biotit-muskovitové, c) turmalín-muskovitové, 15 – zlomy.

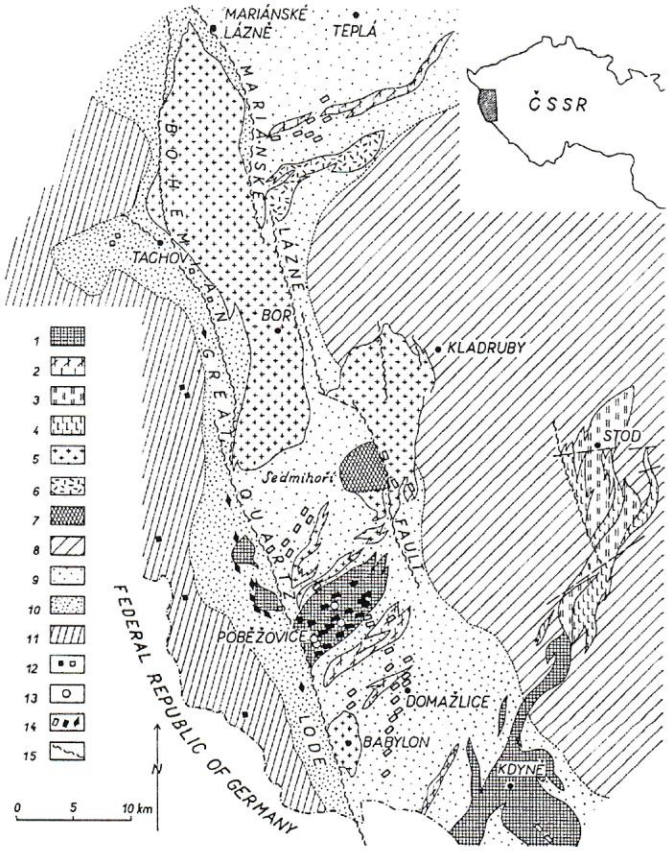


Fig. 18. Distribution of granitic pegmatites in western part of the Bohemicum (Vejnar 1968). 1 – gabbra to gabbrodiorite, 2 – quartz diorite, 3 – amphibol-biotite granodiorite and quartz diorite, 4 – biotite adamellite, 5 – quartz diorite and porphyric granodiorite, 6 – Lestkov granodiorite, 7 – biotite granite, two-mica granite and albite granite, 8 – West Bohemian proterozoikum, 9 – mica schists and a plagioclase paragneiss, 10 – biotite-sillimanite migmatite, 11 – cordierite-sillimanite gneiss, 12 – metamorphic pegmatites: a) cordierite-orthoclase, b) microcline, 13 – gabbro pegmatites, 14 – granitic pegmatites: a) muscovite, b) biotite-muscovite, c) tourmaline-muscovite, 15 – faults.

V západní a jihozápadní části bohemika jsou vyvinuty pegmatity řazené do přechodné třídy muskovitové-vzácných prvků (tepelská oblast, oblast Poběžovice – Domažlice). Přítomnost primárního spodumenu v Otově ukazuje na poněkud vyšší tlak při intruzi pegmatitů větší než 3,5–4 kbar ve srovnání s moldanubikem. Tyto LCT pegmatity lze geochemicky charakterizovat následovně: P >> F,B, a Be > Li, dále je typická přítomnost některých vedlejších až stopových prvků, např. Zn, Sn a Bi. Pegmatity vázané na *I*-typové granity středočeského a železnohorského batolitu mají NYF signaturu a geochemicky je lze charakterizovat následovně: B > F > P, Be > Li při nízké aktivitě volatilních prvků.

V Německu je za geologicky příbuznou jednotku považována zóna Erbendorf-Vobenstrauss (ZEV) (Glodny et al. 1998, Franke 2000). O granitických pegmatitech

z této oblasti existuje poměrně malé množství informací (např. Strunz et al. 1975). Glodny et al. (1998) považují ale tyto metapegmatity za velmi příbuzné s metapegmatity v oblastech Poběžovice – Domažlice a Teplá. Radiometrické datovaní poskytlo velmi podobná stáří a podobný geologický vývoj. Nápadná mineralogická a geochemická podobnost beryl-columbit-fosfátových pegmatitů oblasti Poběžovice – Domažlice a bavarika prokazatelně značně odlišného stáří už byla diskutována dříve.

8.3. Sasko-durynská oblast (saxothuringikum)

Zdejší pegmatity jsou variabilní texturně i mineralogicky od primitivních po silně frakciované, ale většinou nebyly detailně studovány ve srovnání s oběma předešlými jednotkami. Do této oblasti patří některé pegmatity, např. stockscheidery při okrajích granitických intruzí (Krupka, Horní Slavkov), jednoduché deformované (metamorfované?) pegmatity s turmalínem a granátem (Unčín) a pegmatity z Podlesí u Horní Blatné. Nepočítáme-li exotické pegmatity z Podlesí extrémně bohaté Li, F a P, je zonální pegmatit z Kynžvartu u Mariánských Lázní asi nejvíce frakcionovaným pegmatitem této oblasti na území České republiky. Pravděpodobně patří beryl-columbit-fosfátovému subtypu třídy vzácných prvků, i když i v tomto případě nelze na základě současných dat tento pegmatit spolehlivě zařadit. V oblasti jsou přítomny pouze LCT pegmatity a geochemicky ji lze většinou charakterizovat následovně: F > P > B, Li > Be, dále je typická přítomnost některých prvků, např. Sn, W, Mo, U a Bi.

Na německé straně Krušných hor se v saxothuringiku setkáváme s texturně i geochemicky podobnými typy vysoce frakcionovaných exotických pegmatitů (např. Geyer, Ehrenfriesdorf; např. Seltmann et al. 1995). V saském granulitovém pohoří jsou známy z více lokalit v okolí města Penig komplexní pegmatity (lepidolitové, popř. elbaitové?) třídy vzácných prvků a abysální dumortieritové pegmatity z lokality Hartmannsdorf (Vollstädt & Weiss 1991), které jsou velmi podobné dumortieritovým pegmatitům moldanubika. Úroveň zpracování pegmatitů v této oblasti je ale nízká. Možný mateřský leukokratní granit (lokalita Zwickauer Mulde) vykazuje stáří U-Pb zirkonu 333 Ma (Kröner et al. 1998). Ve Smrčinách vystupují miarolitické (NYF?) pegmatity v okolí Epprechsteinu, smrčinský pluton, které obsahují v dutinách krystaly křemene, K-živce, topazu, apatitu, fluoritu, fenakitu, euklasu, herderitu, goyazitu, dále polylithionit, zinnwaldit, kasiterit, rutil, columbit, wolframit a tapiolit (Strunz a Tennyson 1980, Keck 1985). Podobné pegmatity nejsou na české straně známy.

8.4. Západosudestská oblast (lugikum)

V této oblasti jsou pegmatity méně časté ve srovnání s předešlými jednotkami na území České republiky a také zde chybí více frakciované pegmatity. Za zmínku stojí pouze miarolitické pegmatity v libereckém plutonu a v žulovském batolitu, dále pegmatity typu vzácných zemin třídy vzácných prvků v žulovském batolitu. V této oblasti jsou přítomny pouze NYF pegmatity, pokud lze u některých primitivních typů geochemickou afinitu vůbec odhadnout. Typická je nízká až velmi nízká aktivita všech volatilních prvků (F,B > P), přítomnost Be-minerálů je spíše výjimečná (gadolinit, fenakit) a zatím ne vždy dostatečně potvrzená, Li-minerály zcela chybí. Do oblasti lugika snad patří izolované výskyty ve staroměstském krystaliniku jako jsou pegmatity s amazonitem Ruda nad Moravou nebo Hraničná.

Na území Polska se vyskytují velmi podobné NYF pegmatity v polské části libereckého plutonu. Stupeň jejich frakcionace je zřetelně vyšší a byly zde zjištěny např. gadolinit, beryl, zirkon, fergusonit, fluorit, molybdenit, monazit, columbit a také zinn-

waldit (Sachanbinski 1973, Siuda 2002), většinou minerály dosud neznámé v české části. Podobné výskyty leží také v okolí Zhořelce na území Německa, kde byly zjištěny např. bazzit, euxenit-(Y) a ferrocolumbit (Witzke a Giesler 1998). V granitech strzelinského masivu, který je zřejmě příbuzný žulovskému batolitu, byl zjištěn pegmatit s berylem (Sachanbinski 1973). V masivu Strzegom – Sobotka je z klasických miarolitických NYF pegmatitů uváděna řada minerálů, např. beryl, bavenit, fenakit, zinnwaldit, axinit, fluorit a řada zeolitů, kalcit, prehnit, epidot a řada sulfidů (Siuda 2001). NYF pegmatity v oblasti lugika si jsou geochemicky i mineralogicky podobné, více frakciované typy, které prakticky chybí na území České republiky, jsou známy z více míst v Polsku a Německu.

8.5. Moravskoslezská oblast (silesikum, brunovistulikum a moravikum)

Silesikum

V této oblasti se vyskytují dvě zcela odlišné populace pegmatitů. Prevariské pegmatity v oblasti Hrubého Jeseníku jsou většinou velmi primitivní, a kromě hojného turmalínu a místy také granátu obsahují jen velmi vzácně beryl a Nb,Ta-oxidy. Všechny pegmatity nesou znaky metamorfního postižení (deformace). Je velmi pravděpodobné, že patří k muskovitové třídě. Typická je pro ně vysoká aktivita B a velmi nízká aktivita P a F a Be >>> Li, přičemž beryl byl zatím zjištěn jen na jediné lokalitě (Vidly – Aichler et al. 1986).

Variské pegmatity v oblasti Hrubého Jeseníku jsou řazeny převážně k beryl-columbitovému subtypu třídy vzácných prvků (např. Maršíkov – Scheibengraben, Maršíkov – Schinderhübel I, II, Šumperk, Branná). Některé z nich podlehly intenzivní metamorfóze v sillimanitové zóně (Maršíkov – Schinderhübel III). Charakteristická je pro ně nízká aktivita B, P a F, jen místy je zvýšená koncentrace P, F a B (Maršíkov – Scheibengraben). Typické stopové prvky zahrnují především Zn, Bi a U, zatímco koncentrace Sn jsou mimořádně nízké (zcela zde chybí kasiterit). Celá oblast silesika (prevariské i variské pegmatity) je charakteristická přítomností LCT pegmatitů, NYF pegmatity asi chybí. Dále je typická naprostá nepřítomnost Li-minerálů, Be-minerály jsou naopak ve variských pegmatitech hojné.

Na území Polska se setkáváme s pegmatity beryl-columbitového subtypu s granátem, které jsou uloženy v dvojslídných granitech východní části masivu Strzegom – Sobotka (Janeczek a Sachanbinski 1989) a jsou podobné variským beryl-columbitovým pegmatitům silesika. Horniny tohoto masivu se liší od biotitických granodioritů šumperského plutonu, který je pravděpodobným mateřským granitem velmi podobných beryl-columbitových pegmatitů v okolí Šumperka a Maršíkova. Masiv Strzegom – Sobótka je navíc řazen do oblasti lugika a ne do silesika.

Brunovistulikum

Do této jednotky patří pouze pegmatity v oblasti brněnského a dyjského batolitu, popř. pegmatity z okolí Olomouce (Staněk 1983, 1987). Většinou jde o velmi primitivní pegmatity vázané na mateřské granitické horniny, a jen vzácně obsahující granát, magnetit, turmalín a cordierit (Krčmaň u Olomouce), v jiných pegmatitech se v okolí Brna vyskytuje akcesorický allanit. Vzácné a poněkud více frakcionované pegmatity (oblast Krumlovského lesa) obsahují např. Y-bohatý granát a vzácné akcesorické REE-minerály, které naznačují jejich afinitu k NYF pegmatitům. Typická je nízká koncentrace všech volatilních prvků (B, F, P) a nepřítomnost Li- a Be-minerálů.

Moravikum

Zdejší pegmatity jsou vzácné, velmi primitivní a kromě turmalínu (dravit, skoryl) téměř neobsahují jiné akcesorické minerály. Litologicky velmi podobné ale poněkud více metamorfované jednotky českokrumlovská a vratěnínská obsahují zcela jiné pegmatity (např. komplexní pegmatity – elbaitový subtyp Bližná, Vratěnín, Eibenstein) a jsou diskutovány v rámci moldanubika.

Srovnání geochemických charakteristik jednotlivých oblastí je uvedeno v tab. 4.

Tabulka 4. Shrnutí informací o granitických pegmatitech v jednotlivých oblastech Českého masivu.
Table 4. Summary of information concerning granitic pegmatites in the individual regions of the Bohemian Massif.

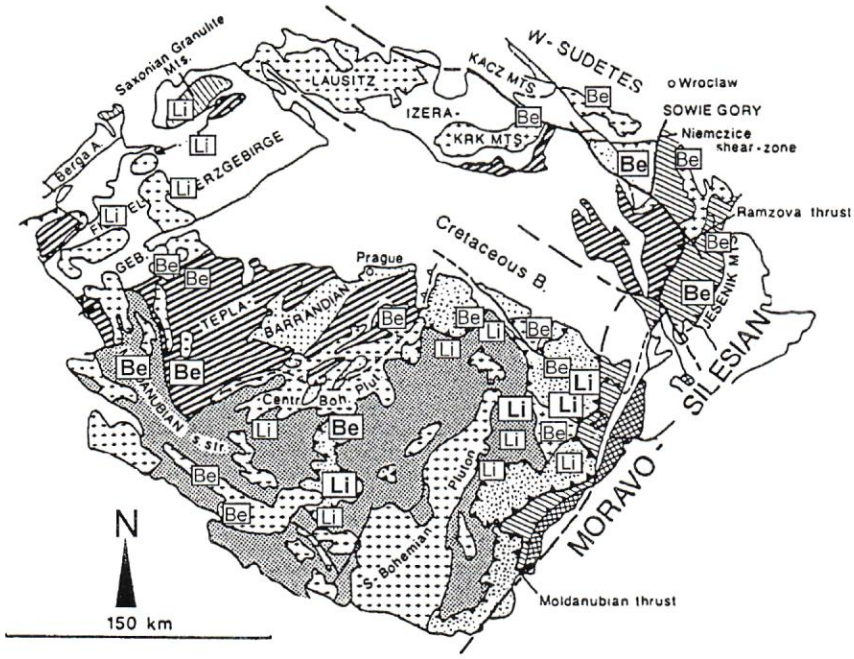
Oblast/Region	Třída/Class Skupina/Family		Aktivita volatilních prvků/ Activity of volatile elements	Minerály Li nebo Be/ Minerals of Li or Be
MOLDANUBIKUM	– abysální – „subabysální" – vzácných prvků – miarolitická	LCT	Vysoká až střední/ high to moderate B > F > P nebo F > B > P	Hojné/abundant Li > Be
		NYF	Nízká/low B > F > P	Vzácné/rare Be >> Li
– Bavarikum	– vzácných prvků	LCT	Vysoká až střední/ high to moderate P > B > F	Hojné/abundant Be > Li
BOHEMIKUM	– muskovitová – vzácných prvků – vzácných prvků	LCT	Střední až nízká/ moderate to low P >> F, B	Běžné/common Be > Li
		NYF	Střední až nízká/ moderate to low F > B >> P	Vzácné/rare Be >> Li
SAXO-THURINGIKUM	– abysální – vzácných prvků	LCT	Vysoká až střední/ high to moderate F > P > B	Běžné/common Li >> Be
LUGIKUM	– vzácných prvků – miarolitická	NYF	Střední/moderate F > B > P Nízká/low B,F > P	Vzácné/rare Be > Li
MORAVSKO-SLEZSKÁ OBLAST				
– Silesikum	– muskovitová – vzácných prvků	LCT	Střední až nízká/ moderate to low B >> F,P nebo/or F > B,P	Běžné/common Be >> Li
– Brunovistulikum	– vzácných prvků	NYF	Velmi nízká/ very low	Chybí/absent
– Moravikum			Velmi nízká/very low B > F, P	Chybí/absent

Z ní je zřejmé, že se jednotlivé oblasti výrazně liší. Zde je ale nutno brát v úvahu, že do diskuse jsou omezeně zahrnuty pegmatity ležící na území sousedních států, protože úroveň jejich zpracování je až na výjimky (např. některé pegmatity bavarika) většinou

nižší než v České republice, a autor navštívil osobně jen část pegmatitů na území okolních zemí.

Poněkud příbuzné si jsou moldanubikum a saxothuringikum, ukazující převahu Li nad Be, ale odlišují se vyšší aktivitou B v podstatné části moldanubika a převážně vysokou aktivitou F v saxothuringiku (obr. 19, 20 a 21). V moldanubické zóně byly zjištěny pegmatity třídy abysální, skupiny subabysální a především pegmatity třídy vzácných prvků, jak LCT tak NYF afinity, a vzácně i miarolitické pegmatity. Podobné třídy pegmatitů najdeme i na území saxothuringika, uvažujeme-li i pegmatity ležící na území Německa včetně saského granulitového pohoří. NYF pegmatity v této oblasti asi chybí (obr. 21).

Určitá příbuznost existuje i mezi bohemikem a silesikem; převaha Be-minerálů nad Li-minerály, ale pro bohemikum je typická vysoká aktivita P, zatímco v silesiku je typická vysoká aktivita B (pouze v prevariských pegmatitech), ve variských pegmatitech je typická nízká aktivita všech volatilních prvků ve srovnání s bohemikem (obr. 19, 20, tab. 4). Uvnitř většiny regionálních jednotek se setkáváme s podobnými typy pegmatitů. Největší rozdíly najdeme mezi granitickými pegmatity převážně české části moldanubika a bavarika na území Německa. Zde výrazně převládají Be-minerály nad Li-minerály a P nad B a hlavně F, typickými volatilními prvky pegmatitů moldanubika (obr. 19, 20, tab. 4).

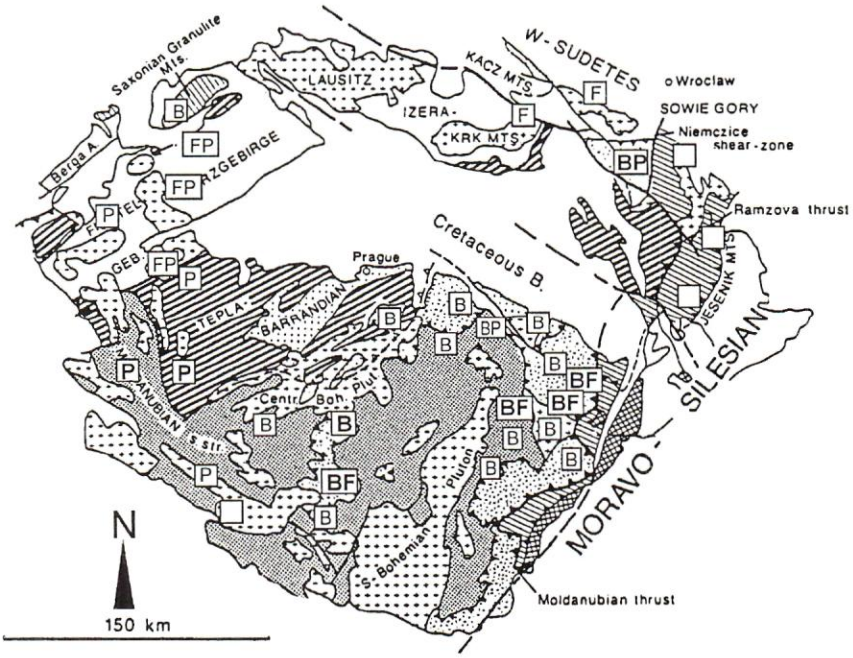


Obr. 19. Schematická geologická mapa Českého masivu (Dallmeyer et al. 1995) zobrazující rozmístění granitických pegmatitů s převládajícími Li-minerály nebo Be-minerály. Li – Li-minerály (lepidolit, elbait, petalit, amblygonit-montebrasit, spodumen), Be-minerály (beryl, chryzoberyl), tučně – oblasti s hojnými pegmatity.

Fig. 19. Schematic geological map of the Bohemian Massif (Dallmeyer et al. 1995) with distribution of granitic pegmatites with the dominance of Li-bearing minerals or Be-bearing minerals. Li – Li-bearing minerals (lepidolite, elbaite, petalite, amblygonite-montebrasite, spodumene), Be – Be-bearing minerals (beryl, chrysoberyl), bold – districts with abundant pegmatites.

Rozdíly mezi moldanubikem a saxotruringikem na jedné a bohemikem a silesikem na druhé straně v obsahu Li- a Be-minerálů (obr. 19) mohou být vedle odlišného složení protolitu také odrazem typu regionální metamorfózy metapelitů těchto oblastí. Nízkotlaká metamorfóza s cordieritem vede k vazbě Be do cordieritu, a proto jsou v těchto terénech Be-minerály v pegmatitech vzácnější. Naopak střednětlaká metamorfóza s granátem bez cordieritu umožňuje větší mobilitu Be a vznik berylu popř. jiných Be-minerálů v pegmatitech (London a Evensen 2002). Tyto závěry potvrzuje přítomnost pegmatitů s Be-minerály v okrajových částech moldanubika s. s. a v přilehlých jednotkách (kutnohorské a svratecké krystalinikum; obr. 19), metamorfovaných za poněkud vyšších tlaků. Na druhé straně tomu ale odporuje rozšíření pegmatitů s Be-minerály v bavariku, kde je cordierit v metamorfovaných horninách velmi rozšířený.

Pegmatity z oblasti západosudetské, téměř výhradně s NYF signaturou často patřící do miarolitické třídy, jsou na našem území poměrně primitivní, ale na území Polska i Německa silně frakcionované a obsahují např. gadolinit, zinnwaldit, beryl, fenakit, bazzit, topaz a Y,REE,Ti,Nb-oxidy (obr. 21). Pro poměrně primitivní pegmatity brunovistulika je typická NYF afinita.



Obr. 20. Schematická geologická mapa Českého masivu (Dallmeyer et al. 1995) zobrazující rozmístění granitických pegmatitů charakterizovaných různou aktivitou volatilních prvků. F – fluor, B – bór, P – fosfor, FP – fluor a fosfor, BF – bór a fluor, BP – bór a fosfor, prázdné pole – nízká aktivita volatilních prvků, tučně – oblasti s hojnými pegmatity.

Fig. 20. Schematic geological map of the Bohemian Massif (Dallmeyer et al. 1995) with distribution of granitic pegmatites characterized by variable activity of volatile elements. F – fluorine, B – boron, P – phosphorus, FP – fluorine and phosphorus, BF – boron and fluorine, BP – boron and phosphorus, blank field – low activity of volatile elements, bold – districts with abundant pegmatites.

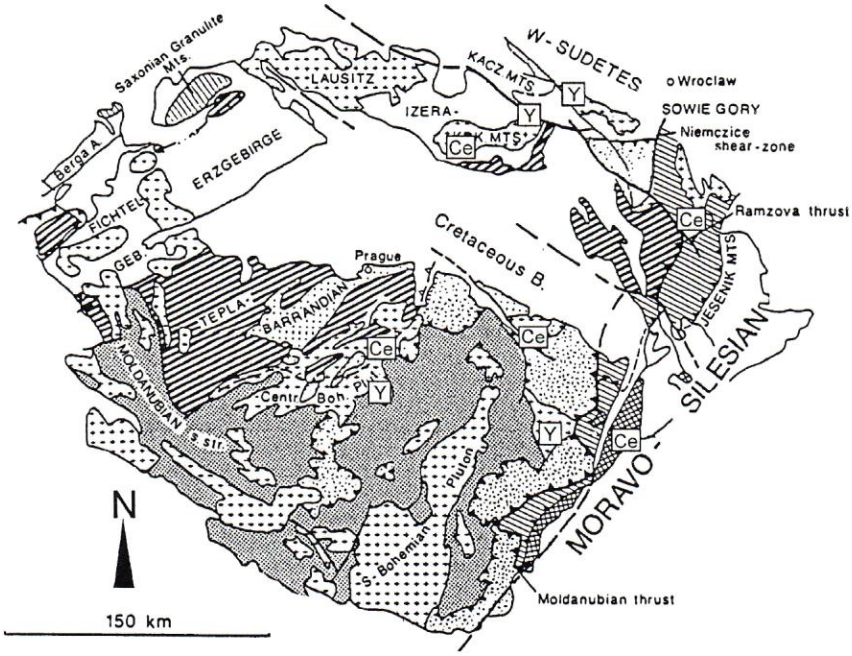
9. Radiometrické datování pegmatitů

Radiometrická data z granitických pegmatitů Českého masivu jsou poměrně vzácná. Přehled starších dat (vesměs K-Ar, Ar-Ar popř. Rb-Sr) uvádí Čech (1985), jejich využití pro geologické účely je ale problematické.

Moldanubická oblast

Černý et al. (1995b) publikovali Rb-Sr data pro lepidolit z lepidolitových pegmatitů – Rožná 323 ± 4 Ma and Dobrá Voda 306 ± 9 Ma. Tyto hodnoty se ale zdají být ve srovnání s radiometrickým datováním různých procesů v moldanubiku (např. Holub et al. 1997, Kröner 1988, 1998, 2000, Klötzli et al. 1999, Kotková et al. 2003b) příliš nízké a naznačují resetování izotopického systému ve slídách, které jsou velmi citlivé na postkrystalizační hydrotermální procesy (např., Baadsgaard & Černý 1993, Küster 1995).

Novák et al. (1998a) studovali radiometrické věky U-Pb monazitů z několika LCT pegmatitů třídy vzácných prvků moldanubika: fosfátový pegmatit Oldřich z Dolních Borů – 335,8 ± 2 a 337,2 ± 2 Ma, a beryl-columbitové pegmatity s turmalínem Obrázek I u Písku – 339,0 ± 3 Ma a Věžná II – 335,4 ± 3 Ma. Zjištěná data jsou si velmi blízká stejně jako nové Sm-Nd datování granátu z elbaitového pegmatitu v Eibesteinu, Rakousko – 339 ± 4 Ma (Ertl et al. 2004).



Obr. 21. Schematická geologická mapa Českého masivu (Dallmeyer et al. 1995) zobrazující rozmístění granitických pegmatitů s minerály vzácných zemin. Ce – pegmatity s dominantním allanitem, Y – pegmatity s dominantními REE-oxidy (minerály skupiny aeschynitu, samarskitu a pyrochloru, fergusonit) a/nebo silikáty (gadolinit).

Fig. 21. Schematic geological map of the Bohemian Massif (Dallmeyer et al. 1995) with distribution of granitic pegmatites with REE-bearing minerals. Ce – pegmatites with dominant allanite, Y – pegmatites with dominant REE oxides (minerals of the aeschynite, samarskite and pyrochlore group, fergusonite) and/or silicates (gadolinite).

Nepřímo jsou datovány také NYF pegmatity třebíčského plutonu a plutonu Čertova břemene, protože zdejší pegmatity jsou přímo odvozeny od těchto granitů a krystalizace pegmatitů zřejmě velmi těsně následovala krystalizaci granitu. U masivu Čertova břemene jsou uváděny věky Pb-Pb zirkon 340 ± 8 Ma (Holub et al. 1997), U-Pb zirkon 338 ± 2 Ma (Klötzli & Parrish 1996, Klötzli et al. 1999) u třebíčského plutonu Pb-Pb zirkon 343 ±6 Ma (Holub et al. 1997) a U-Pb zirkon 339 ±2 Ma (Kotková et al. 2003b)

Tepelsko-barrandienská oblast

Košler et al. (1994) uvádějí Rb-Sr data pro páry muskovit-plagioklas a biotit-plagioklas v jednoduchém pegmatitu (třída muskovitová-vzácných prvků) ve Stráži u Domažlic (Sv. Vavřinec) a získali dva odlišné věky 502–492 Ma a 373 Ma. Glodny et al. (1998) publikovali U-Pb a Rb-Sr data pro muskovitové metapegmatity v oblasti tepelského a domažlického krystalinika (třída muskovitová-vzácných prvků). Pro primární magmatickou krystalizaci odvodili z U-Pb dat pro zirkon, granát a columbit, a z Rb-Sr dat pro velké lupeny primárního muskovitu ordovické věky ~ 480 Ma, a z Rb-Sr dat pro nově tvořený (metamorfní) muskovit věk následné metamorfózy ~ 375 Ma. Pro relativně jednoduché pegmatity středočeského batolitu, často s NYF afinitou lze očekávat stáří srovnatelné s okolními, resp. mateřskými granity pohybující se zhruba od 351 do 336 Ma (přehled in Janoušek et al. 2000).

Západosudetská oblast

V této oblasti byl datován monazit z NYF pegmatitu od Velké Kraše v žulovském plutonu (Novák nepubl. data). U-Pb stáří 303,4 ± 1,7 Ma je podobné U-Pb věkům monazitu (309,1 ± 0,8 Ma) a xenotimu (306,4 ± 0,8 Ma) z dvojslídného granitu z masivu Strzegom-Sobótka ležícím severně od žulovského batolitu (Turniak a Bröcker 2002). Franke a Želažniewicz (2000) uvádějí Pb-Pb stáří zirkonu 314 Ma v libereckého plutonu. Podobné stáří mají nepochybně i zdejší miarolitické pegmatity. Celkově ukazují radiometrická data na relativně pozdně variské stáří granitických pegmatitů i magmatických procesů v lugiku.

Moravskoslezská oblast

Silesikum

Zcela ojedinělé Sm-Nd stáří 334 Ma zjištěné v pegmatitickém granitu Čertovy kameny u Jeseníku uvádějí (Hegner a Kröner 2000). Tento granit obsahuje hojné muskovitové pegmatity s granátem, andalusitem a vzácně chryzoberylem a columbitem, a naznačuje na variský věk beryl-columbitových pegmatitů silezika. Protože beryl-columbitové pegmatity silezika s různým stupněm metamorfního postižení mají téměř identické minerální asociace i složení jednotlivých minerálů, je metamorfní přetisk zahrnující vznik fibrolitického sillimanitu a chryzoberylu (Franz a Morteani 1984, Černý et al. 1992b) mladší a chryzoberylové metapegmatity nejsou starší než berylové pegmatity s nízkým stupněm deformace, jak předpokládají např. Čech et al. (1981). Prevariské muskovitické pegmatity s turmalínem nebyly přímo radiometricky datovány. Zřejmě jsou vázány na stejný magmatický cyklus jako ortoruly v desenské klenbě, které mají Sm-Nd stáří 502–517 Ma (Hegner a Kröner 2000).

Brunovistulikum

Granitoidy brněnského a dyjského batolitu jsou považovány za kadomské (Finger et al. 2000) a je proto velmi pravděpodobné, že i pegmatity budou mít stejné stáří. Radio-

metrické datování pegmatitů této oblasti je uváděno zcela výjimečně; Ar-Ar stáří muskovitu z pegmatitů brněnského batolitu je 565 Ma (in Klotzli et al. 1999).

Spíše ojedinělá radiometrická data z granitických pegmatitů v moravskoslezské oblasti (silesikum, brunovistulikum) a západosudetské oblasti nedovolují širší diskusi k jejich využití pro geologický vývoj těchto geologických oblastí. Je jen zřejmé, že pegmatity z moravsko-slezské oblasti jsou až na beryl-columbitové pegmatity (typ Maršíkov) prevariské (kadomské) a pegmatity lugika jsou variské a zřejmě mladší než v ostatních částech Českého masivu.

Z oblasti moldanubika a především bohemika je dat více a umožňují poněkud detailnější diskusi. Vznik většiny granitických pegmatitů moldanubika (LCT – komplexní a berylové, NYF) je omezen na úzký interval zhruba 340–335 Ma. Pouze pegmatity svázané s mladšími granitickými intruzemi, např. centrální moldanubický batolit (beryl-columbitový pegmatit Kostelní Vydří u Telče – Cempírek et al. 1999; stockscheidery v okolí Homolky a Šejb – Novák et al. 1994, Uher 1998, Breiter a Scharbert 1995, 1998) jsou zřejmě mladší (různé typy datování 327–318 – granit Eisgarn, Rb-Sr horniny 319 Ma-granit Homolka a 316 Ma-granit Nakolice; Breiter a Scharbert 1995, 1998). Stáří abysálních a subabysálních pegmatitů ale není jasné. Část z nich je zřejmě prevariská popř. raně variská (např. dumortieritové pegmatity s kyanitem a sillimanitem), úzký vztah k metamorfóze a minimální tektonické postižení jiných pegmatitů (záhnědové, andalusitové, turmalínové) ukazují na variské stáří.

V bohemiku se setkáváme se staršími pegmatity stáří ~ 480 Ma, pegmatity vázané na středočeský a železnohorský batolit jsou mladší. Ordovické stáří pegmatitů ukazuje na naprostou odlišnost pegmatitů moldanubika a bohemika. Velmi zajímavá je ale mineralogická a geochemická podobnost pegmatitů s berylem, columbitem a primárními fosfáty z oblasti Poběžovice – Domažlice a z Bavorska (např. Hagendorf, Zwiesel, Pleystein), jejichž radiometrické stáří Rb-Sr pro muskovit ~ 320 Ma (Glodny et al. 1998) a stáří příbuzných, pravděpodobně mateřských granitů (granit Leuchtenberg, Rb-Sr celková hornina 326 ± 4 Ma – Siebel 1995; U-Pb zirkon 338 ± 6 Ma – Köhler et al. 1993; granit Fürstenstein, U-Pb zirkon a titanit 324–321 Ma; Chen a Siebel 2004) je podstatně mladší a zhruba odpovídá jiným pegmatitům moldanubiku.

10. Vztah granitických pegmatitů a mateřských (fertilních) granitů

V současné době je vznik frakcionovaných granitických pegmatitů (třída pegmatitů vzácných prvků, popř. přechodná třída muskovitová-vzácných prvků) odvozených od granitických plutonů široce přijímaným názorem (např. Černý 1991a,b, London 1992, 1996, 2004a,b, Linnen 2004), i když se objevují i dnes názory na anatektický vznik dokonce komplexních (Li) pegmatitů (viz. diskuse Černý 1998). Čím více je pegmatit frakciovaný, tím byla tavenina pohyblivější, dostala se dál od mateřského tělesa (modelování pohyblivosti taveniny ukazuje na vzdálenost 5–10 km – Baker 1998) a krystalovala za nižších teplot, a to jak taveniny (solidus až 450 °C a likvidus kolem 600 °C pro 2 kbar u vysoce frakciované taveniny bohaté F, Li a/nebo B – London et al. 1989), tak teploty okolních hornin (rozdíl mezi teplotou taveniny a okolní horniny v okamžiku intruze 100–500 °C – např. Chakoumakos a Lumpkin 1990, Weber et al. 1999). U většiny pegmatitů včetně pegmatitů vzácných prvků není mateřské granitové těleso známo, a i z tohoto důvodu je odvození mateřských granitů pro většinu silně frakciovaných pegmatitů komplikované. Ve vztahu granit-pegmatit mohou poněkud zjednodušeně nastat následující možnosti.

a) Mateřský granit je spolehlivě definovatelný. V tomto případě je pegmatit uložen přímo v mateřském granitu a lze rozeznat postupný přechod texturní, mineralogický i chemický. Pegmatity tohoto typu vesměs tvoří čočky, kapkovitá tělesa, popř. žíly různých velikostí i nepravidelné partie. V Českém masivu sem patří především miarolitické pegmatity, např. Vepice, a další lokality v okolí Kovářova u Milevska uložené v durbachitovém masivu Čertova břemene; Ruprechtice a další lokality v libereckém plutonu; Březí u Říčan v říčanském plutonu a některé lokality v žulovském batolitu (např. Velká Kraš u Vidnavy). Stejně tak je jasný vztah některých pegmatitů vzácných prvků (NYF) v třebíčském plutonu, např. Pozďátka, Kožichovice a jiné lokality v okolí Vladislavi a Třebíče, pegmatitové polohy Krumlovského lesa v jižní části brněnského batolitu a v dyjském batolitu. K tomuto typu patří také více frakciované (LCT) pegmatity, např. pegmatitové partie s turmalínem, berylem a topazem z Hamrů nad Sázavou (Novák 1981), nebo žíly pegmatitů bohatých Li, F a P z Podlesí u Horní Blatné, karlovarský pluton (Breiter 1999, Breiter a Sokol 1997).

b) Jednoznačný mateřský granit je obtížně definovatelný, ale pegmatit je velmi pravděpodobně vázaný na určitý granitický pluton (batolit) s více intruzemi blízkého stáří. Sem patří pegmatitové žíly s ostrými kontakty pronikající granitickými horninami velkých batolitů (např. středočeský batolit, žulovský batolit, železnohorský batolit, centrální moldanubický batolit aj.), popř. se vyskytují v jejich těsné blízkosti, kdy jiné velmi podobné pegmatity jsou přímo v granitech uloženy. Většina těchto pegmatitů je značně primitivních a k této skupině patří např. allanitové pegmatity nebo pegmatity s molybdenitem ve středočeském nebo žulovském batolitu. Jen vzácně se objevují více frakciované žíly s bohatší mineralizací, např. pegmatit s turmalínem, berylem a spessartinem z Budislavi u Litomyšle, železnohorský batolit (Nováček 1931), pegmatit s turmalínem, berylem, hurlbutitem a columbitem z Kostelního Vydří u Telče, centrální moldanubický batolit (Novák 1995, Cempírek et al. 1999). Známé ortorulové těleso v Přibyslavicích u Čáslavi s granity a pegmatity více typů a generací (Povondra et al. 1987, 1998, Breiter et al. 2003) dokazuje, jak komplikované mohou být vztahy v systému granit-pegmatit.

c) Mateřský granit je velmi obtížně definovatelný, ale v blízkém okolí pegmatitu se vyskytují granitické horniny, které jsou geologicky, geochemicky i mineralogicky příbuzné určitým pegmatitům. Jsou srovnatelného stáří ověřeného geologicky a/nebo radiometrickým datováním, obsahují podobné volatilní prvky, např. B nebo stejné minoritní a akcesorické minerály, např. turmalín, andalusit, cordierit, granát, gahnit aj. Do této skupiny lze zařadit např. pegmatity v oblasti Borů u Velkého Meziříčí, které (i) vykazují určitou prostorovou zonálnost, nárůst stupně frakcionace zhruba směrem k S až SV, (ii) byly zde zjištěny granitické horniny, které mohou být přívodními kanály pegmatitové taveniny (Duda 1986), (iii) v blízkém okolí se ve směru snižování stupně frakcionace vyskytují leukokratní granity (např. Lavičky – Novák et al. 1997d, Jiang et al. 2003, Buriánek a Novák 2004), které mají podobné rysy – vysoká aktivita B, relativně hojný nodulární turmalín (byl zjištěn také v okrajových zónách pegmatitů v Dolních Borech a Dobré Vodě), apatit, primární andalusit a pseudomorfózy po cordieritu. Velmi podobné vztahy lze nalézt mezi turmalinickými granity a beryl-columbitovými a turmalínovými pegmatity také na Písecku. Turmalinické granity v asociaci s granitickými pegmatity se vyskytují v celé hercynské zóně (obr. 16).

Ještě lepším příkladem jsou berylové a příbuzné pegmatity v Hrubém Jeseníku (Šumperk, Maršíkov, Česká Ves, aj.), kde jsou primitivní pegmatity s biotitem, granátem a muskovitem uloženy uvnitř granitických těles (šumperský pluton, tělesa granitů sv. od

Jeseníku – Čertovy kameny, Mikulovice, aj.; Novák 1988), více frakciované žíly s muskovitem a granátem bohatým Mn leží v blízkém okolí granitických těles a nejvíce frakciované žíly s berylem, columbitem, zirkonem, gahnitem ve větší vzdálenosti (Novák 1988). Jako akcesorické minerály byly v granitech zjištěny stejné minerály jako v pegmatitech např. granát, zirkon, gahnit a columbit (P. Uher – ústní sdělení). V této oblasti bylo pozorováno i zákonité rozmístění pegmatitů ve vztahu ke gravimetrickým anomáliím (Novák a Rejl 1993).

d) Mateřský granit pravděpodobně existuje, dokazuje to hlavně vysoký stupeň frakcionace pegmatitu, ale v okolí pegmatitu nebo skupiny pegmatitů nejsou granitické horniny, které by mohly odpovídat mateřským granitům, nebo zde magmatické horniny zcela chybí. To je velmi běžný případ a odpovídá mu značná část komplexních (Li) pegmatitů moldanubika, např. Rožná, Řečice, Strážek. S ohledem na značnou pohyblivost vysoce frakcionovaných pegmatitových tavenin mohl být jejich transport poměrně dlouhý (5–10 km – Baker 1998) a mateřský granit může být skrytý jako v případě jiných vysoce frakciovaných pegmatitů ve světě, např. Tanco (Černý 2004). U některých komplexních (Li) pegmatitů (např. Dobrá Voda a Dolní Bory, žíla č. 21, nebo lepidolitové pegmatity na Jihlavsku) jsou ale známy potenciální mateřské granitoidy (některé leukokrátní turmalinické granity v moldanubiku – Lavičky v oblasti Borů nebo Bílá skála u Puklic v oblasti Jihlavy).

e) Poslední skupinou jsou abysální a „subabysální" pegmatity, které jsou anatektického (metamorfogenního) původu. Mateřský granit se u nich nepředpokládá a jsou diskutovány v následující kapitole.

11. Vztah granitických pegmatitů a regionální metamorfózy

Tento problém je diskutován ve více pracích, např. Ginzburg et al. (1979), Černý (1982, 1991b, 1998) a lze jej sledovat z více aspektů: a) zda a které pegmatity jsou produktem metamorfních procesů, b) jaký je vztah mezi typem granitických pegmatitů a stupněm metamorfózy okolních hornin a hlavně, jaký je časový vztah mezi intruzí granitických pegmatitů a vrcholem prográdní metamorfózy okolních hornin, c) metamorfní postižení pegmatitů. Ve všech případech ale existují poněkud odlišné názory a především jsou zatím jednotlivé aspekty tohoto problému studovány jen okrajově. Navíc jsou práce zaměřeny téměř výhradně na pegmatity třídy vzácných prvků.

a) Jako metamorfní (metamorfogenní) jsou v této práci označovány abysální a „subabysální" pegmatity. K této skupině patří v oblasti Českého masivu např. dumortieritové a cordieritové pegmatity, část turmalínových a andalusitových pegmatitů a pravděpodobně i záhnědové pegmatity s dutinami. Poněkud komplikovanější je situace u primitivních kontaminovaných pegmatitů v mramorech, skarnech nebo serpentinitech, protože některé z nich mohou být magmatogenního původu. Protože se vesměs jedná o poměrně primitivní pegmatity jak z pohledu stupně frakcionace a mineralogického složení, tak jejich vnitřní stavby, je jejich odlišení někdy značně komplikované.

b) Tento problém je nastíněn v základní klasifikaci granitických pegmatitů do tříd (obr. 3, srovnej např. Ginzburg et al. 1979, Černý 1991a,b), kdy pegmatity jednotlivých tříd vznikají v jiných úrovních zemské kůry, tedy v metamorfovaných horninách s odlišným typem metamorfózy a teplotním gradientu. Tento diagram je ale velmi schematický

a ukazuje na nejčastější typ metamorfované horniny v okolí určitých tříd pegmatitů. Mezi vrcholem prográdní metamorfózy určité oblasti a intruzí a následnou krystalizací pegmatitu ale může být značný časový odstup a také PT podmínky panující v hostujících horninách během intruze pegmatitové taveniny mohou být výrazně odlišné od vrcholu prográdní metamorfózy. Odhadovaný i počítaný rozdíl mezi teplotou intrudující pegmatitové taveniny (kolem 700 °C popř. méně u silně frakciovaných tavenin) a okolní horninou je od 100 do až 500 °C (např. Chakoumakos a Lumpkin 1990, Weber et al. 1999), a na vysoký stupeň podchlazení pegmatitových tavenin ukazují i experimentální práce (např. London et al. 1989, London 2004b). Vlastní krystalizace pegmatitové taveniny tedy probíhala často za tlaků a teplot nižších, než ve většině případů indikují okolní horniny v obr. 3. U pegmatitů s vysokým stupněm frakcionace se někdy setkáváme s relativně nižším stupněm metamorfózy okolních hornin, často s minimálními kontaktními projevy, a to i u mocných těles. Naopak primitivní a malé pegmatity pronikající do relativně horkých hornin, např. v plášti granitických plutonů, mají často mohutné kontaktní lemy (např. pegmatity v okolí Žulové). Pokud jsou kolem vysoce frakcionovaných pegmatitů vyvinuty kontaktní aureoly a typickými minerály jsou uvit, dravit, Cs,Li-biotit, holmquistit, karbonáty aj., je jejich vznik způsoben reakcí pozdních fluid uvolněných z pegmatitu v závěru primární krystalizace s okolní horninou a nejedná se o reakční lem kontaktně metamorfního původu (např. Morgan a London 1987, 1989, Novák a Selway 1997, Novák et al. 1999b)

c) Stupeň metamorfního postižení granitických pegmatitů byl studován jen výjimečně i celosvětově, i když je nepochybné, že řada pegmatitů podlehla regionální metamorfóze a lze je označit jako metapegmatity. V oblasti Českého masivu můžeme uvést několik poněkud odlišných příkladů uvedených zhruba se vzrůstajícím stupněm metamorfózy: (i) málo metamorfované beryl-columbitové pegmatity silesika – usměrnění muskovitu na kontaktu (Novák 1988, Novák et al. 2003b); (ii) prevariský berylový metapegmatit z Videl, skupina Orlíku, Hrubý Jeseník – výrazná metamorfní zonálnost granátu a pegmatit je viditelně usměrněný, další nově tvořené minerály prokázány nebyly, i když část muskovitu je možná metamorfní (Aichler et al. 1986); (iii) prevariské metapegmatity v oblasti bohemika (tepelské krystalinikum a oblast Poběžovice – Domažlice), kde je metamorfóza prokázaná také radiometrickým datováním, dále se projevuje výrazným usměrněním minerálů a nově tvořeným muskovitem (Vejnar 1965, 1968, Glodny et al. 1998); (iv) dumortieritový pegmatit ze Starkoče u Čáslavi, moldanubikum – zatlačování muskovitu kyanitem, přítomnost staurolitu (metamorfní?), usměrnění muskovitu při kontaktu, provrásnění žil (Cempírek 2003, Cempírek et al. 2003); (v) chryzoberylové pegmatity v Hrubém Jeseníku – výrazná lineace, usměrnění slíd při kontaktu a evidentní vznik metamorfních minerálů fibrolitického sillimanitu a chryzoberylu (Dostál 1966, Franz a Morteani 1984, Černý et al. 1992b).

Lze konstatovat, že granitické pegmatity jsou poměrně rezistentní k metamorfním pochodům, především primární minerály pegmatitů jsou poměrně stabilní a vznik nově tvořených minerálů (muskovit, chryzoberyl, sillimanit, kyanit) je většinou doprovázen strukturním (tektonickým) postižením (výrazná foliace a lineace). To je v kontrastu s nízkou rezistencí řady primárních minerálů vůči hydrotermálním alteracím vlastních residuálních fluid (např. zatlačení cordierit-sekaninaitu fylosilikáty, popř. andalusitem, primárních Li,Fe,Mn-fosfátů sekundárními fosfáty, andalusitu a topazu muskovitem, amblygonitu mladšími generacemi amblygonit-montebrazitu, lacroixitem, brazilianitem, apatitem a minerály crandallitové skupiny, aj.).

12. Souhrn a závěr

Moldanubická oblast

Tato oblast je v rámci Českého masívu granitickými pegmatity nejbohatší a také nejdetailněji zpracovaná. Vyskytuje se zde řada různých tříd, typů a subtypů pegmatitů: (i) relativně vzácné abysální pegmatity bohaté Al, objevující se na v. okraji moldanubika; (ii) subabysální pegmatity, běžné především v oblastech intenzivní migmatitizace; (iii) lokálně velmi hojné pegmatity třídy vzácných prvků, od primitivních až po silně frakcionované pegmatity, jak s LCT tak NYF signaturou. V silně frakcionovaných komplexních LCT pegmatitech převažuje lepidolitový subtyp nad elbaitovým. NYF pegmatity vyskytující se v durbachitových horninách mohou mít i miarolitický charakter (tab. 3 a 4). Vztah pegmatitů a granitů je většinou nejasný s výjimkou NYF pegmatitů, vázaných téměř výhradně na tělesa durbachitů, a primitivních pegmatitů uvnitř peraluminických granitoidních plutonů. Geochemicky lze pegmatity třídy vzácných prvků charakterizovat následovně: LCT – B > F > P, nebo méně často F > B > P, a Li > Be, NYF – B > F, P a Be >>> Li, přičemž u NYF pegmatitů je výrazně nižší aktivita volatilních složek.

Přítomnost petalitu a absence primárního spodumenu v komplexních pegmatitech ukazuje na relativně nízký tlak (< 2,5–3 kbar) při intruzi pegmatitové taveniny komplexních pegmatitů, ale zřejmě také pro primitivní pegmatity třídy vzácných prvků obsahující andalusit a cordierit-sekaninait, a možná i pro část subabysálních pegmatitů. Abysální pegmatity mohly vzniknout za poměrně vysokých tlaků P > 5–6 kbar (kyanit a staurolit v pegmatitu ze Starkoče).

Vznik většiny granitických pegmatitů moldanubika (LCT – berylové a komplexní, NYF) je omezen na úzký časový interval zhruba 340–335 Ma. Pouze relativně primitivní pegmatity svázané s mladšími granitickými intruzemi (centrální moldanubický batolit) jsou mladší, pegmatity v eisgarnském granitu asi 327 Ma, stockscheidery v okolí Lásenice a Horní Stropnice asi 319–316 Ma. Stáří abysálních a subabysálních pegmatitů ale není jasné. Část z nich může být i prevariská popř. raně variská (např. dumortieritové pegmatity s kyanitem a sillimanitem), většina z nich je ale velmi pravděpodobně variská.

Moldanubikum představuje zcela samostatnou oblast v rámci Českého masívu. Pegmatity moldanubika se poněkud podobají některým abysálním pegmatitům s dumortieritem a komplexním pegmatitům třídy vzácných prvků ze saského granulitového pohoří v saxothuringiku. V bavariku se na území Německa vyskytují velká a komplikovaně diferencovaná tělesa pegmatitů beryl-columbit-fosfátového subtypu (např. Hagendorf, Zwiesel), která nemají obdobu v české části moldanubika, naopak jsou geochemicky a mineralogicky podobné pegmatitům oblasti Poběžovice – Domažlice, které mají ordovické stáří. V moldanubické oblasti tak existují dvě výrazně odlišné oblasti granitických pegmatitů – bavarikum a severnější část moldanubika ležící převážně na území České republiky a Rakouska.

Tepelsko-barrandienská oblast

V této oblasti jsou pegmatity relativně méně časté a úroveň jejich zpracování je nižší než v moldanubiku. Můžeme je rozdělit do dvou skupin: (i) pegmatity třídy muskovitové-vzácných prvků vyskytující se v západní a jihozápadní části bohemika (okolí Teplé, oblast Poběžovice – Domažlice); (ii) většinou primitivní NYF pegmatity vázané na *I*-typové granity středočeského a železnohorského batolitu. S výjimkou NYF pegmatitů vázaných na granitická těles je vztah pegmatitů k mateřským granitům nejasný.

Geochemicky lze pegmatity třídy muskovitové-vzácných prvků charakterizovat: P >> F, B, a Be > Li; NYF pegmatity jsou většinou primitivní. Přítomnost primárního spodumenu v pegmatitu z Otova u Domažlic ukazuje na vyšší tlak při intruzi těchto pegmatitů (ve srovnání s moldanubikem), který byl vyšší než 3–4 kbar.

Primární (magmatická) krystalizace pegmatitů třídy muskovitové-vzácných prvků (tepelské krystalinikum, okolí Domažlic a Poběžovic) ~ 480 Ma, následná metamorfóza ~ 375 Ma a také geochemický charakter těchto pegmatitů je jasně odlišují od všech ostatních pegmatitů Českého masívu. Ukazují na výrazně odlišné stáří pegmatitů bohemika ve srovnání s ostatními jednotkami Českého masívu. Pegmatity tepelsko-barrandienské oblasti představuji nepochybně zcela samostatnou pegmatitovou oblast odlišnou od okolních regionálně-geologických jednotek – moldanubika, saxothuringika, lugika a moravskoslezské oblasti.

Sasko-durynská oblast

Zdejší pegmatity se texturně i mineralogicky liší od obou předešlých oblastí. Až na výjimky mají úzký vztah k leukokratním, vysoce frakciovaným granitům a případně ke greisenům – stockscheidery při okrajích granitických intruzí nebo exotický komplexní pegmatit z Podlesí u Horní Blatné. Typicky vyvinuté zonální granitické pegmatity jako Kynžvart u Mariánských Lázní nebo Smolné Pece u Nejdku jsou relativně vzácné a dosud nebyly detailněji studovány. V této oblasti jsou přítomny pouze LCT pegmatity a geochemicky ji lze charakterizovat: F > P > B, Li > Be s velmi vysokou aktivitou volatilních prvků.

Oblast sasko-durynská je poněkud nejednotná, pegmatity z centrálních oblastí Krušných hor a saského granulitového pohoří mají podobnou geochemickou signaturu, jinak jsou ale texturně i mineralogicky značně odlišné (obr. 19, 20 a 21). Pegmatity z Krušných hor nejsou podobné jiným pegmatitům v Českém masívu. Pouze stockscheidery svázané s mladšími granitickými intruzemi (centrální moldanubický batolit) v širším okolí Jindřichova Hradce (např. Homolka a Šejby) jsou poněkud blízké texturně, méně mineralogicky, např. ukazují mnohem nižší aktivitu F . Především pegmatity ze saského granulitového pohoří jsou ale blízké pegmatitům moldanubika (abysální třída – pegmatity s dumortieritem, třída vzácných prvků – lepidolitové pegmatity) a možný mateřský nebo alespoň příbuzný leukokratní granit z této oblasti má i srovnatelné stáří (333 Ma). Úroveň zpracování pegmatitů této oblasti je pro podrobné srovnání nízká.

Západosudetská oblast

V této oblasti, včetně přilehlého území Polska, jsou přítomny téměř výhradně NYF pegmatity vázané na *I*-typové granitová tělesa – liberecký pluton a žulovský batolit, a tyto pegmatity mají často miarolitický charakter. Typická je nízká aktivita všech volatilních prvků F,B > P a Be >> Li. Sporadická radiometrická data z těchto pegmatitů (309–303 Ma) ukazují na jejich pozdně variský věk. Za zmínku stojí pegmatity s amazonitem ze staroměstského krystalinika (např. Hraničná), které mohou náležet do bohemika, ale v této práci jsou řazeny k lugiku (Mísař a Dudek 1993, Novák et al. 1997c).

Podobné NYF pegmatity jsou běžné v přilehlých oblastech Polska, jinde v Českém masívu známy nejsou. Západosudetská oblast tak představuje další samostatnou pegmatitovou oblast v rámci Českého masívu, která se liší geochemicky, mineralogicky i stářím pegmatitových intruzí od ostatních jednotek.

Moravskoslezská oblast

V rámci této oblasti jsou vyčleněny tři samostatné a v některých směrech odlišné geologické jednotky – silesikum, brunovistulikum a moravikum, kde granitické pegmatity téměř chybějí.

V silesiku se vyskytují dvě zcela odlišné populace pegmatitů: (i) prevariské primitivní pegmatity muskovitové třídy s hojným turmalínem, které ale byly jen výjimečně studovány, a (ii) variské beryl-columbitové pegmatity třídy vzácných prvků, naopak velmi detailně studované. U prvního typu není jasný vztah k mateřským granitům, u druhého typu se zdá velmi pravděpodobná příbuznost s šumperským plutonem a drobnými granitovými intruzemi v okolí Jeseníku. Obě populace mají odlišné geochemické signatury: (i) B >> P, F a Be >> Li, (ii) nízké akvitity B, F, P a Be >> Li. Ojedinělé radiometrické datování pegmatoidního granitu z Čertových kamenů u Jeseníku – 334 Ma ukazuje na variský věk beryl-columbitových pegmatitů. Prevariské muskovitové pegmatity s turmalínem i variské beryl-columbitové pegmatity nemají v Českém masívu podobné výskyty.

V brunovistuliku se vyskytují primitivní prevariské pegmatity, které jsou jen málo zpracované. Více frakciované typy ukazují pravděpodobnou afinitu k NYF. Jejich stáří, minerální asociace, chemické složení minerálů (Y-bohatý granát) i vztah k mateřským granitům nemají obdoby v Českém masívu a představují v rámci této oblasti zcela samostatnou skupinu.

Granitické pegmatity z jednotlivých jednotek moravskoslezské oblasti se od sebe výrazně liší a ukazují, že tyto jednotky měly z pohledu granitických pegmatitů velmi odlišný vývoj a také geochemická signatura pegmatitů je velmi odlišná. Typická je ale přítomnost prevariských pegmatitů ve všech jednotkách.

Srovnáme-li množství granitických pegmatitů v jednotlivých oblastech ležících na území České republiky, jsou jednoznačně nejhojnější v moldanubické oblasti, a hojné jsou také v silesiku v rámci moravskoslezské oblasti. V obou jmenovaných oblastech je ale jejich rozšíření nerovnoměrné. Relativně méně časté jsou pegmatity v tepelsko-barrandienské oblasti, i když zde existují regiony s jejich velkým rozšířením (např. oblast Poběžovice – Domažlice a okolí Teplé). V oblasti sasko-durynské a v západosudetské oblasti jsou granitické pegmatity relativně méně rozšířené, ale v poslední oblasti jsou granitické pegmatity mnohem hojnější na území Polska. Navíc jsou tyto geologické jednotky podstatně více zastoupeny na území sousedních států (Polsko – lugikum; Německo – saxothuringikum, zčásti lugikum), které nejsou autorovy dostatečně známé, takže odhad jejich rozšíření může být zkreslený. Granitické pegmatity jsou vzácné v brunovistuliku a jen ojedinělé v moraviku.

V Českém masívu existuje několik zcela samostatných oblastí granitických pegmatitů, které velmi dobře korespondují s vyčleněnými regionálně-geologickými jednotkami (obr. 19, 20 a 21). Minerální asociace pegmatitů odrážející někdy výrazně odlišné geochemické rysy jednotlivých oblastí a stupeň geochemické frakcionace pegmatitů ukazují na: a) geochemicky odlišné prostředí v jednotlivých oblastech (aktivita volatilních prvků – B, F, P, množství, resp. poměr Li-minerálů a Be-minerálů, přítomnost typických stopových prvků); b) jiné hloubkové úrovně intruzí pegmatitových těles (nízký tlak – petalit, andalusit, cordierit-sekaninait, relativně vysoký tlak – primární spodumen, kyanit); c) odlišný stupeň metamorfního postižení (přítomnost metamorfních minerálů chryzoberylu, sillimanitu, kyanitu); d) více či méně výrazný genetický vztah k mateřským granitům.

Ukazuje se, že granitické pegmatity dobře odrážejí rozdíly jednotlivých regionálně-geologických jednotek, a to jak geochemicky, tak radiometrickým stářím.

U malé části pegmatitů – prevariské (pegmatity třídy muskovitové – vzácných prvků z bohemika, muskovitové pegmatity s turmalínem ze silesika, pegmatity brunovistulika) je nutno hledat příbuzné pegmatity v oblastech zahrnujících např. Armorický masív pro pegmatity bohemika nebo severní část Gondwany pro pegmatity brunovistulika.

Variské pegmatity jsou spolu se svými mateřskými granity vázány na různé etapy variské orogeneze a intruze granitů (srovnej Finger et al. 1997): *I*-typové granity (ca. 370–340 Ma) – středočeský a železnohorský batolit situované na hranici moldanubika a bohemika (NYF pegmatity); deformované *S*-typové granity/migmatity (ca. 340 Ma) – vztah více frakciovaných pegmatitů k těmto granitům není jasný, ale možná jsou na tyto granity/migmatity vázané některé subabysální pegmatity; *S*-typové a vysoce draselné *I*-typové granity (ca. 340–310 Ma) – centrální moldanubický batolit (primitivní LCT pegmatity), třebíčský pluton a pluton Čertova břemene (NYF pegmatity); postkolizní epizonální *I*-typové granodiority a tonality (ca. 320–290 Ma) – žulovský batolit (NYF pegmatity), *A*-typové leukogranity (ca. 300–250 Ma) – stockscheidery spojené s leukokratními vysoce frakciovanými granity saxothuringika i moldanubika.

U většiny pegmatitů a především u těch klasických a mineralogicky nejzajímavějších LCT pegmatitů např. berylové a komplexní pegmatity moldanubika a berylové pegmatity silezika, nebo pegmatity třídy muskovitové-vzácných prvků s berylem a primárními Li,Fe,Mn-fosfáty v bohemiku (oblast Poběžovice-Domažlice) ale většinou mateřské granity neznáme nebo tento vztah není dostatečně prokázaný (např. turmalinové granity – pegmatity na Písecku nebo v okolí Borů; beryl-columbitové pegmatity – šumperský pluton v silesiku; srovnej např. Němec 1990b, Černý et al. 1992c, Novák a Rejl 1993, Gordějenko et al. 1996). Prostorový a možná i genetický vztah komplexních (Li) pegmatitů (např. Rožná, Dobrá Voda, Jeclov, Nová Ves u Českého Krumlova, Sušice) k durbachitovým tělesům (např. Bernard 1981, Gordějenko et al. 1996) je i přes velmi velmi blízké stáří málo pravděpodobný. Pouze zinnwaldit-masutomilit-elbaitový pegmatit z Kracovic u Třebíče, výrazně odlišný od ostatních komplexních pegmatitů moldanubika (Novák et al. 1999c) je zřejmě vázaný na třebíčský durbachitový pluton.

Přes poměrně vysoký stupeň vědeckého zpracování granitických pegmatitů Českého masívu na území ČR i mimo ně, a to v mezinárodním měřítku, stále existuje řada zajímavých témat, která si zaslouží naši pozornost. Zatím jen velmi málo jsou granitické pegmatity využité pro radiometrické datování a studium stabilních i radiogenních izotopů (Novák et al. 1998a, Jiang et al. 2003, Ertl et al. 2004, Ackerman 2004), v počátcích je studium fluidních inkluzí (Slowakiewicz a Lodzinski 2003, Ackerman 2004). Velká pozornost byla věnována krystalochemii některých minerálů z pegmatitů, ale i nadále je zde řada zajímavých témat, např. přítomnost minoritních nebo volatilních prvků v minerálech (např. P v topazu nebo granátu – Breiter a Kronz 2004, Breiter et al. 2005, B ve slídách – Černý et al. 1995b, Novák et al. 1999a). Jen velmi málo víme o vztahu pegmatitů k jejich mateřským granitům (Němec 1990b, Černý et al. 1992, Gordějenko et al. 1996) a jen minimálně jsou pegmatity diskutovány jako nejvíce frakcionovaný produkt granitických komplexů (Breiter 1998, 2001, Breiter et al. 2003). Pegmatity tedy představují zajímavý a z geologického hlediska poněkud podceňovaný objekt studia, který může přinést velmi zajímavé výsledky nejen v oblasti popisné mineralogie, systematické mineralogie a krystalochemie, jak se může zdát z přehledu publikovaných prací o granitických pegmatitech, ale i pro řešení obecnějších geologických popř. regionálních problémů.

PODĚKOVÁNÍ

Práce je výsledkem dlouholetého výzkumu autora v Moravském zemském muzeu v Brně a na Ústavu geologických věd PřF Masarykovy university v Brně podporovaného programem MKOCEZ00F2402 a dále grantem Grantové agentury ČR č. 205/03/0400. Autor děkuje především J. Staňkovi, P. Černému (University of Manitoba) a S. Houzarovi za kritické připomínky k rukopisu práce. Dále jsem zavázán řadě kolegů v muzeích, na vysokých školách a v jiných institucích, z nichž bych rád uvedl např. P. Berana, K. Breitera, J. Cichu, F. Čecha, M. Fišeru, B. Fojta, V. Hrazdila, J. Kalvodu, P. Korbela, J. Leichmanna, J. Litochleba, Z. Lososе, K. Malého, D. Němce, J. Ondříka, P. Povondru, L. Rejla, J. Sejkoru, M. Šarbacha, V. Šreina, P. Uhra, F. Veselovského, S. Vránu a V. Žáčka. Svým studentům D. Buriánkovi, J. Cempírkovi, P. Černému, M. Dosbabovi, J. Filipovi, T. Kadlecovi, R. Škodovi, M.C. Taylorovi a B. Urbánkovi děkuji za poskytnutí dosud nepublikovaných informací a za zájem, s nímž pracovali a pracují na svých tématech. V neposlední řadě bych rád poděkoval i našim sběratelům za vzorky ke studiu i cenné informace. Z nich bych chtěl zmínit především Pavla Černého, A. Kašpárka a M. Nepejchala, dále M. Bohatého, K. Diviše, Z. Doubka, J. Hovorku, B. Martínka, J. Mazucha, A. Mlejnka, Z. Navrátila, P. Pauliše, D. Šikolu, F. Šťávu, J. Tvrdého, a také J. Bělušu a B. Ubra.

SUMMARY

Granitic pegmatites of the Bohemian Massif, Czech Republic were discussed and classified based on their geological position, chemical composition and mineralogy. Owing to a wide spectrum of the pegmatite rocks examined the current classification of granitic pegmatites (see Černý 1991a) was modified and new groups, types and subtypes were defined (Table 1 and 2) solely for this paper. The granitic pegmatites examined were divided using the modified classification on: (i) pegmatites of abyssal class (dumortierite subtype) and related pegmatites of "subabyssal" group (cordierite, andalusite and tourmaline subtypes), (ii) pegmatites of the muscovite class, (iii) pegmatites of the muscovite-rare-element class, (iv) pegmatites of the rare-element class (primitive type – tourmaline, andalusite and phosphate subtypes, rare-earth type – allanite, euxenite and gadolinite subtypes, beryl type – beryl-columbite and beryl-columbite-phosphate subtypes, complex type – lepidolite, elbaite and petalite subtypes), (v) pegmatites of the miarolitic class, (vi) exotic pegmatites (noteworthy pegmatites diverse from the classification), and (vii) pegmatites contaminated from their host rocks (amphibolite, serpentinite, marbles, Fe-skarn, calc-silicate rocks; amphibole-allanite-fluorite, diopside, scapolite and oligoclase subtypes). Brief description of mineralogy, petrology, geochemistry, internal structure, host rocks, and relevant references for the individual classes, types and subtypes were given.

The following exotic pegmatites are to be mentioned in this summary. Moldanubicum: (i) miarolitic smoky quartz-bearing pegmatites – primitive pegmatites with common pockets lined with large crystals of smoky quarz, K-feldspar, albite, muscovite and tourmaline occurring in migmatized gneisses chiefly of the Strážek Moldanubicum with no relationship to granitic rocks; (ii) Drahonín III and IV near Tišnov – zoned pegmatites with contrasting mineral assemblages – peraluminous minerals (schorl, sekanianite) versus U, REE--bearing minerals (samarskite-(Y), calciosamarskite, ishikawaite, yttropyrochlore, yttrobetafite, uranpyrochlore); (iii) Kracovice near Třebíč – zoned pegmatite with abundant Li-bearing minerals (zinnwaldite, lepidolite, masutomilite, elbaite), U, REE-bearing minerals (fergusonite, samarskite-Y, yttropyrochlore), F- and B-rich minerals (topaz, hambergite). Saxothuringicum: (iv) Podlesí near Horní Blatná – layered granite to pegmatite extremely rich in F- and P-bearing minerals (topaz, zinnwaldite, apatite), (v) Vernéřov near Aš – amblygonite--quartz-K-feldspar veins with Sn, Cu, Zn, Mo-mineralization transitional between pegmatite and hydrothermal veins; Lugicum: (iv) Ruda nad Moravou – zoned pegmatite dike in serpentinite with abundant plagioclase (andesine-labradorite), rare amazonite, common grossularite, diopside, allanite and zircon.

The granitic pegmatites were discussed as members of their host regional-geological units of the Bohemian Massif.

Moldanubicum

Granitic pegmatites are abundant but irregularly distributed in this region (Fig. 19, 20 and 21). The pegmatites of abyssal class and related "subabyssal" group, pegmatites of the rare-element class, miarolitic class, exotic pegmatites, and pegmatites contaminated from their host rocks were discussed (Table 2, 3 and 4). Peg-

matites with LCT affiliation are more common then NYF pegmatites. Relationship of the LCT pegmatites to fertile granites is mostly unclear except primitive pegmatites related to the Central Moldanubian Batholith. The NYF pegmatites occur almost exclusively in durbachite plutons (Třebíč, Čertovo břemeno). The geochemical features in the LCT pegmatites (beryl-columbite, lepidolite, elbaite and petalite subtypes) show B > F > P or locally F > B > P, and mostly Li > Be; the NYF pegmatites (allanite, euxenite and gadolinite subtypes) exhibit B > F, P and Be >> Li (Table 4). Mineral assemblages of most pegmatites with andalusite, petalite and/or cordierite-sekanianite indicate low pressure (P < 2.5-3 kbar) during the pegmatitic melt emplacement and crystallization for rare-element, miarolitic and "subabyssal" pegmatites. Part of abyssal pegmatites perhaps crystallized at high pressure (P > 5–6 kbar; kyanit and staurolite at Starkoč). The age of most granitic pegmatites (LCT – phosphate, beryl and complex, NYF) is about 340–335 Ma, only some primitive pegmatites related to the Central Moldanubian Batholith are younger varying from about 327 Ma to 319–316 Ma. The Moldanubicum represents an autonomous region of granitic pegmatites of the Bohemian Massif. Some abyssal and complex pegmatites are similar to those from the Saxonian Granulite Massif, Germany. However, the pegmatites (beryl-columbite-phosphate subtype) from the Bavaricum (e. g., Hagendorf, Zwiesel) typically showing P > B, F and Be > Li are distinct from other parts of Moldanubicum but similar to the pegmatites of muscovite-rare-element class with beryl and primary phosphates located in the Poběžovice – Domažlice district, part of the Bohemicum adjacent to the Moldanubicum in western Bohemia.

Bohemicum

Granitic pegmatites of the muscovite-rare-element class occur almost exclusively along the western border of the Bohemicum (Poběžovice – Domažlice and Teplá districts; Fig. 18). Rather primitive NYF pegmatites (allanite subtype) are located in the *I*-type granitic intrusions (Central Bohemian Batholith, Železné hory Batholith). The geochemical features of pegmatites of the muscovite-rare-element class show P >> F, B, and Be > Li (Table 4), the occurrence of primary spodumene at Otov near Poběžovice indicates higher pressure (P > 3–4 kbar) of the pegmatitic melt emplacement and crystallization relative to the Moldanubicum. The ages of magmatic crystallization ~ 480 Ma and subsequent metamorphic overprint at ~ 375 Ma suggest along with the geochemical features of these granitic pegmatites that the Bohemicum is an autonomous region of granitic pegmatites of the Bohemian Massif very distinct from the others.

Saxothuringicum

Granitic pegmatites of the rare-element class are less abundant relative to the Moldanubicum. They are closely related to highly evolved leucocratic granites and greisens; typical zoned pegmatites (e. g., beryl-columbite-phosphate pegmatite at Kynžvart near Mariánské Lázně) are rare. The LCT granitic pegmatites exhibit F > P > >B and Li > Be (Table 4) commonly with very high activity of volatiles. The pegmatites from the Saxonian Granulite Massif are distinct from the pegmatites it the Krušné hory Mts., but similar to those in the Moldanubicum. The Saxothuringikum represents another autonomous region of granitic pegmatites within the Bohemian Massif.

Lugicum

Granitic pegmatites of the NYF family (allanite subtype) occurring inside of the *I*-type bodies (Liberec Pluton, Žulová Batholith) frequently show miarolitic character and the geochemical characteristics F, B > P and Be >> Li (Table 4). The radiometric ages (309–303 Ma) indicate late Variscan age. More evolved pegmatites occur in Poland (e. g., Strzegom; euxenite and gadolinite subtypes). Rare granitic pegmatites with amazonite from the Staré Město Unit (Hraničná, Ruda nad Moravou) are very distinct from the above NYF pegmatites. The granitic pegmatites from the Lugicum are distinct from other regions of the Bohemian Massif. Rare-element granitic pegmatites in the Gory Sowie Unit exhibit the LCT affiliation (beryl-columbite and beryl-columbite-phosphate subtypes) and are distinct from other units in the Bohemian Massif.

Moravo-Silesian

Three distinct regional subunits occur within this region - Silesicum, Brunovistulicum and Moravicum, and they contain different pegmatites. Two distinct populations occur in the Silesicum – preVariscan muscovite pegmatites with tourmaline and Variscan beryl-columbite pegmatites (e.g., Maršíkov), which are likely related to the Šumperk Pluton. Both populations exhibit different geochemical signatures: B >> P, F and Be >> Li in the muscovite pegmatites and low activities of B, F, P and Be >> Li in the beryl-columbite pegmatites (Table 4). They are dissimilar to other pegmatites in the Bohemian Massif. Mostly primitive preVariscan pegmatites with likely NYF affinity occur in the Brunovistulicum, they are different from other pegmatites. Granitic pegmatites are very rare in the Moravicum. Presence of preVariscan mostly primitive granitic pegmatites is a typical feature for the Moravo-Silesian region.

Detailed study of granitic pegmatites in the Bohemain Massif chiefly from the territory of the Czech Republic pointed out that pegmatites are suitable for examination of variable geological problems. Specific conditions of emplacement and crystallization of pegmatite melt and specific mineralogy make granitic pegmatites (particularly more evolved pegmatites of muscovite-rare-element, rare-element and miarolitic classes) useful for study of evolution of magmatic rocks, relationship to metamorphic processes especially late-tectonic to post-tectonic, and radiometric dating of many minerals.

LITERATURA

ACKERMAN, L., 2004: Pegmatity ve Vlastějovicích. – *MS* diplomová práce, PřF, Karlova universita, Praha. 142 stran.

AICHLER, J., FIŠERA, M., JILEMNICKÁ, L., ZOUBKOVÁ, L., 1986: Metapegmatit s berylem z Videl, Hrubý Jeseník. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 71, 22–33.

BAADSGAARD, H., ČERNÝ, P., 1993: Geochronological studies in the Winnipeg River pegmatite populations, southeastern Manitoba. – *Program and Abstracts, GAC/MAC meeting, Edmonton,* A5.

BAKER, D. R., 1998: The escape of pegmatite dikes from granitic plutons: constraints from new models of viscosity and dike propagation. – *Canad. Mineralogist,* 36, 255–263.

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

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

BERNARD, J. H., POUBA, Z., (ed.) 1986: Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. – Ústřední ústav geologický, Praha. 320 stran.

BOUŠKA, V., 1960: Příspěvek k poznání písekitu. – Rozpr. Čs. Akad. věd, 70, 1–35.

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

BOUŠKA, V., ČECH, F., 1960: O nerostech z pegmatitu od Rudolfova u Českých Budějovic. – *Čas. Mineral. Geol.*, 5, 381–384.

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.

BREITER, K., 1998: Phosphorus- and fluorine-rich granite system at Podlesí (Excursion stop. No. 3). – *Genetic significance of phosphorus in fractionated granites, Peršlák, Czech Republic, September 1998. Excursion guide (Breiter, K. ed.)*, 59–75.

BREITER, K., 2001: Phosphorus- and fluorine-rich granite system at Podlesí. – *International Workshop: Phosphorus- and fluorine-rich granites, Podlesí, Czech Republic, October 2001,* 52–78.

BREITER, K., 2002: From explosive breccia to unidirectional solidification textures: magmatic evolution of a phosphorus- and fluorine-rich granite system (Podlesí, Krušné hory Mts., Czech Republic). – *Bull. Czech Geol. Survey,* 77, 67–92.

BREITER, K., BERAN, A., BURIÁNEK, D., CEMPÍREK, J., DUTROW, B., HENRY, D., NOVÁK, M., RAIMBOULT, L., 2003. Přibyslavice near Čáslav, tourmaline-muscovite orthogneiss, muscovite grante, pegmatite. – *International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Field trip guidebook (Novák, M. ed.)*, 77–90.

BREITER, K., FRÝDA, J., SELTMANN, R., THOMAS, R., 1997: Mineralogical evidence for two magmatic stages in the evolution of an extremely fractionated P-rich rare-metal granite: the Podlesí stock, Krušné hory, Czech Republic. – *J. Petrology,* 38, 1725–1739.

BREITER, K., KRONZ, A., 2004: Phosphorus-rich topaz from fractionated granites (Podlesí, Czech Republic). – *Mineral. Petrology*, 81, 235–247.

BREITER, K., NOVÁK, M., KOLLER, F., CEMPÍREK, J., 2005: Phosphorus – an omnipresent minor element in garnet from leucocratic granitic rocks; examples from the Moldanubicum, Bohemian Massif, Czech Republic. – *Mineral. Petrology* (v tisku).

BREITER, K., SCHARBERT, S., 1995: The Homolka magmatic centre – an example of late variscan ore bearing magmatism in the Southbohemian Batholith (Southern Bohemia, Northern Austria). – *Jb. Geol. B.-A.*, 138, 9–25.

BREITER, K., SCHARBERT, S., 1998: Latest intrusions of the Eisgarn pluton (South Bohemia – Northern Waldviertel). – *Jb. Geol. B.-A.*, 141, 25–37.

BREITER, K., SOKOL, A., 1997: Chemistry of the Bohemian granitoids: geotectonic and metallogenic implications. – *Sbor. Geol. Věd., Lož. geol. mineral.*, 31, 75–96.

BURIÁNEK, D., NOVÁK, M., 2004: Morphological and compositional evolution of tourmaline from nodular granite at Lavičky near Velké Meziříčí, Moldanubicum, Czech Republic. – *J. Czech Geol. Soc.*, 49, 81–90.

CEMPÍREK, J., 2003: Minerální asociace a chemické složení dumortieritu z granitických pegmatitů. – *MS* diplomová práce, PřF, Masarykova universita Brno. 81 stran.

CEMPÍREK, J., BURIÁNEK, D., BERAN, A., NOVÁK, M., 2003: Locality no. 9: Starkoč near Čáslav. Garnet-biotite gneiss to migmatite, abyssal barren pegmatite. Minerals of interest: garnet (OH), oxy-schorl, olenite (B, F, OH), dumortierite (B, OH). – *International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Field trip guidebook (Novák, M. ed.)*, 71–76.

CEMPÍREK, J., NOVÁK, M., 2003: Mineral assemblages and chemical composition of Al-rich tourmaline from abyssal pegmatites of the Bohemian Massif. – *International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Book of Abstracts*, 12–13.

CEMPÍREK, J., NOVÁK, M., 2004a: Dumortierit a turmalín z abysálních pegmatitů od Vémyslic u Moravského Krumlova, gföhlská jednotka, moldanubikum. – *Acta Musei Moraviae, Sci. geol.*, 89, 45–54.

CEMPÍREK, J., NOVÁK, M., 2004b: Abyssal pegmatite with olenite and dumortierite from Kutná Hora, Czech Republic; an example of fractionation in Li-poor Al,B-rich granitic system. – *GAC/MAC Meeting, St. Catharines 2004, Abstracts Volume 29*, 225.

CEMPÍREK, J., NOVÁK, M., ERTL, A., HUGHES, J.M., ROSSMANN, G.R., DYAR, M.D., 2005: Fe-bearing olenite with tetrahedrally coordinated Al from abyssal pegmati te at Kutná Hora, Bohemian Massif, Czech Republic: structure, crystal chemistry and optical spectra. – *Canad. Mineralogist*, (v tisku).

CEMPÍREK, J., NOVÁK, M., VÁVRA, V., 1999: Hurlbutit z beryl-colubitového pegmatitu v Kostelním Vydří u Telče, západní Morava. – *Acta Mus. Moraviea, Sci. geol.*, 84, 45–48.

ČECH, F., 1957a: Priorit (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., 1961: Occurrence of stokesite in Czechoslovakia. – *Mineral. Mag.*, 32, 673–675.

ČECH, F., 1962a: Mineralogické a genetické poměry pegmatitového ložiska od Ctidružic u Moravských Budějovic, *MS* kand. disert. práce, PřF, Karlova universita Praha, 169 stran.

ČECH, F., 1962b: Fosforečnanová minerální asociace z Vernéřova. – *Čas. Mineral. Geol.*, *7*, 399–403.

ČECH, F., 1963: Příspěvky k mineralogii Moravy a Slezska. – *Čas. Morav. muz., vědy přír*, 48, 31–42

ČECH, F., 1985: Mineralogie žulových pegmatitů české části Českého masívu. – *MS* doktorská disertační práce, PřF, Karlova universita Praha. 333 stran.

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., Povondra, P., 1972: New data on metamict allanite from Domanínek, Czechoslovakia. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 151–160.

ČECH, F., POVONDRA, P., STANĚK, J., 1964: Studium triplitu, zwieselitu a graftonitu ze západomoravských pegmatitů. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 97–116.

ČECH, F., RIEDER, M., NOVÁK, F., NOVOTNÝ, J., 1978: Accessory nigerite in a granite from Central Bohemia, Czechoslovakia. – *Neues Jb. Mineral., Mh.*, 337–346.

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

ČERNÝ, PAVEL, VESELOVSKÝ, F., 2000: Pegmatit Bílý kámen u Kynžvartu. – *Minerál*, 8, 10–16.

ČERNÝ, P., 2004: Vliv kontaminace z okolních hornin na chemické složení turmalínů granitických pegmatitů v okolí Černé v Pošumaví. – MS diplomová. práce, PřF, Karlova universita Praha, 78 stran.

ČERNÝ, P., 1956a: Bavenit a sdružené nerosty z Drahonína. – *Čas. Mineral. Geol.*, 1, 197–203.

ČERNÝ, P., 1956b: Srůsty xenotimu a zirkonu z Drahonína. – *Spisy přírodověd. Fak. Masaryk. Univ.*, 376, 293–306.

ČERNÝ, P., 1958: Desilikované pegmatity od Drahonína. – *Práce Brněnské zákl. ČSAV*, 370, 161–202.

ČERNÝ, P., 1960: Milarit a wellsit z Věžné. – *Práce Brněnské Zákl. ČSAV*, 32, 1–16.

ČERNÝ, P., 1963: Epididymite and milarite – alteration products of beryl from Věžná, Czechoslovakia. – *Mineral. Mag.*, 33, 450–457.

ČERNÝ, P., 1965: Mineralogie dvou pegmatitů ze serpentinitu ve Věžné. – *MS* kandidátská disertační práce, Geol. ústav. ČSAV, Praha.

ČERNÝ, P., 1968: Berylliumwandlungen in Pegmatiten – Verlauf und Produkte. – *Neues Jb. Miner. Abh.* 108, 166–180.

ČERNÝ, P., 1982: Petrogenesis of granitic pegmatites. – *In: P. Černý ed. Short Course in Granitic Pegmatites in Science and Industry. – MAC Short Course Handbook,* 8, 405–461.

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

ČERNÝ, P., 1991b: Rare-element granitic pegmatites. II. Regional to global environments and Petrogenesis. – *Geoscience Canada,* 18, 68–81.

ČERNÝ, P., 1998: Magmatic vs. metamorphic derivation of rare-element pegmatites. – *Krystalinikum,* 24, 9–36.

ČERNÝ, P., 2000: Constitution, petrology, affiliation and categories of miarolitic pegmatites. – *Mem. Soc. Italiana Scienze Nat. Mus. Civ. Storia Nat, Milano,* 30, 5–12.

ČERNÝ, P., 2004: The Tanco rare-element pegmatite deposit, Manitoba: Regional context, internal anatomy, and global comparison. – *In: R.L. Linnen, I.M. Samson (eds).: Rare-element geochemistry and ore deposits, GAC Short Course Notes,* 17, 184–231.

ČERNÝ, P., ČECH, F., POVONDRA, P., 1964: Review of ilmenite-strüverite minerals. – *Neues Jb., Miner., Abh.,* 101, 142–172.

ČERNÝ, P., ERCIT, T.S., WISE, M. A., 1992a: The tantalite-tapiolite gap: natural assemblages vs. experimental data. – *Canad. Mineralogist,* 30, 587–598.

ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F. C., JAROSEWICH, E., 1980: Crystal chemistry of milarite. – *Canad. Mineralogist,* 18, 41–57.

ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F.C., LAFLAMME, J.H.G., HINTHORNE, J.R., 1979: Stibiobetafite, a new member of the pyrochlore group from Věžná, Czechoslovakia. – *Canad. Mineralogist,* 17, 583–588.

ČERNÝ, P., CHAPMAN, R., SCHREYER, W., OTTOLINI, L., BOTTAZZI, P., MCCAMMON, C., 1997: Lithium in sekaninaite from the type locality, Dolní Bory, Czech Republic. – *Canad. Mineralogist,* 35, 167–173

ČERNÝ, P., MEINTZER, R.E., ANDERSON, A.J., 1985: Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: selected examples of data and mechanisms. – *Canad. Mineralogist,* 23, 381–421.

ČERNÝ, P., NĚMEC, D., 1995: Pristine vs. contaminated trends in Nb, Ta-oxide minerals of the Jihlava pegmatite district. – *Mineral. Petrology,* 55, 117–130.

ČERNÝ, P., NOVÁK, M., 1992: Locality No.2: Věžná near Nedvědice, a pegmatite dike of the beryl-columbite subtype penetrating serpentinite. – *International symposium on granitic pegmatites Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992, Field trip guidebook (Novák, M., Černý, P. eds.),* 27–32.

ČERNÝ, P., NOVÁK, M., FRYER, B.J., STANĚK, J., 1992c: Fertile granites – parents to rare-pegmatites in the Czechoslovak Moldanubicum. – *International symposium on granitic pegmatites Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August–September 1992, Abstracts of Papers,* 19–20.

ČERNÝ, P., NOVÁK, M., CHAPMAN, R., 1992b: Effects of sillimanite-grade metamorphism and shearing on Nb, Ta-oxide minerals in granitic pegmatites: Maršíkov, northern Moravia, Czechoslovakia. – *Canad. Mineralogist,* 30, 699–718.

ČERNÝ, P., NOVÁK, M., CHAPMAN, R., 1995a: The Al (Nb,Ta) Ti_{-2} substitution in titanite: the emergence of a new species? – *Mineral. Petrology,* 52, 61–73

ČERNÝ, P., NOVÁK, M., CHAPMAN, R., 2000: Subsolidus behavior of niobian rutile from Věžná, Czech Republic: a model for exsolution in phases with $Fe^{2+} >> Fe^{3+}$. – *J. Czech. Geol. Soc.,* 45, 21–35.

ČERNÝ, P., POVONDRA, P., 1966: Beryllian cordierite from Věžná : (Na,K) + Be = Al. – *Neues Jb. Mineral., Mh.,* 36–44.

ČERNÝ, P., POVONDRA, P., 1967: Cordierite in West-Moravian desilicated pegmatites. – *Acta Univ. Carol., Geol.,* 203–221.

ČERNÝ, P., POVONDRA, P., 1972: An Al,F-rich metamict titanite from Czechoslovakia. – *Neues Jb. Miner. Mh.,* 400–406.

ČERNÝ, P., POVONDRA, P., STANĚK, J., 1971: Two cookeites from Czechoslovakia – a boron-rich variety and a IIb polytype. – *Lithos,* 4, 7–15.

ČERNÝ, P., SMITH, J.V., MASON, R.A., DELANEY, J. S., 1984: Geochemistry and petrology of feldspar crystallization in the Věžná pegmatite. – *Canad. Mineralogist,* 22, 631–651.

ČERNÝ, P., STANĚK, J., NOVÁK, M., BAASTGAARD, H., RIEDER, M., OTTOLINI, L., KAVALOVÁ, M., CHAPMAN, R., 1995b: Chemical and structural evolution of micas at the Rožná and Dobrá Voda pegmatites, Czech Republic. – *Mineral. Petrology,* 55, 177–202.

DALLMEYER, R.D., FRANKE, W., WEBER, K., (eds.) 1995: Pre-Permian geology of central and eastern Europe. – *Springer-Verlag,* Berlin, 593 stran.

DOSTÁL, J., 1964: Pegmatity z okolí Maršíkova. – *MS* diplomová práce, Př F, Karlova Universita, Praha, 114 stran.

DOSTÁL, J., 1966: Mineralogische und Petrographische Verhältnisse von Chrysoberyll-Sillimanit Pegmatit von Maršíkov. - *Acta Univ. Carol., Geol.,* 271–287.

DUDA, J., 1986: Pegmatites in the Bory granulite massif. – *Sbor. geol. Věd, Ložisk. geol. mineral.*, 27, 157–202.

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., ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F. C., 1993: Cesstibtantite – a geologic introduction to the inverse pyrochlores. – *Mineral. Petrology,* 48, 235–255.

ERTL, A., SCHUSTER, R., PROWATKE, S., BRANDSTÄTTER, F., LUDWIG, T., BERNDHARDT, H-J., KOLLER, F., HUGHES, J. M., 2004: Mn-rich tourmaline and fluorapatite in a variscan pegmatite from Eibenstein an der Thaya, Bohemian massif, Lower Austria. – *Eur. J. Mineral.*, 16, 551–560.

FERSMAN, A. J., 1960: Izbrannyje trudy VI, pegmatity. – *Izdat. AN SSSR, Moskva,* 742 stran.

FIALA, F., 1951: Rulovité pegmatity od Unčína a Chlumce a jejich nerosty. – *Čas. Nár. Muz., odd. Přír.,* 68–69: 1949–1950.

FIALA, F., 1954: Dumortierit od Miskovic. – *Sbor. Nár. Muzea,* 10, 3–38.

FILIP, J., 2002: Minerální asociace a chemismus axinitu z vybraných hornin Českého masivu. – MS diplomová práce, Masarykova universita, Brno. 69 stran.

FILIP, J., HOUZAR, S., SULOVSKÝ P., 2002: Allanit a produkty jeho přeměny ve skarnu a pegmatitu z Rešic. – *Acta Mus. Morav., Sci. geol.,* 87, 87–101.

FINGER, F., HANŽL P., PIN C., VON QUADT A., STEYRER H. P., 2000: The Brunovistulian: Avalonian Precambrian sequence at the eastern end of the Central European Variscides? – In: Franke W., Haak V., Oncken O., & Tanner D. (eds). Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Belt. Geological Society, London, Special Publications, 179. 103–112.

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. Petrology,* 61, 67–96.

FIŠERA, V., RYCHLÝ, R., 1983: Nález topazu v pegmatitu u Jablonce nad Nisou. – *Čas. Mineral. Geol.,* 28, 215.

FRANKE, W., 2000: The mid-European segment of the variscides: tectonostratigraphic units, terrane boundaries and plate tectonic evolution. – In: Franke W., Haak V., Oncken O., & Tanner D. (eds). Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Belt. Geological Society, London, Special Publications, 179, 35–61.

FRANKE, W., ŽELAŹNIEWICZ, A., 2000: The eastern termination of the Variscides: terrane correlation and kinematic evolution. – In: Franke W., Haak V., Oncken O., & Tanner D. (eds). Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Belt. Geological Society, London, Special Publications, 179, 63–86.

FRANZ, G., MORTEANI, G., 1984: The formation of chrysoberyl in metamorphosed pegmatites. – *J. Petrology,* 25, 27–52.

FRÝDA, J., BREITER, K., 1995: Alkali feldspars as a main phosphorus reservoirs in rare-metal granites: three examples from the Bohemian Massif (Czech Republic). – *Terra Nova,* 7, 315–320.

GINZBURG, A.I., TIMOFEJEV, I. N., FELDMAN, L.G., 1979: Osnovy geologii granitnych pegmatitov. – *Nedra,* 296 stran.

GLODNY, J., GRAUERT, B., FIALA, J., VEJNAR, Z., KROHE, A., 1998: Metapegmatites in the western Bohemian massif: ages of crystallisation and metamorphic overprint, as constrained by U-Pb zircon, monazite, garnet, columbite and Rb-Sr muscovite data. – *Geol. Rundsch.,* 87, 124–134.

GOLIÁŠ, V., 2002: Thorium Occurrences in the Czech Republic and their Mineralogy. – *In: Uranium deposits – from their genesis to the environmental aspects, Prague. Proceedings (Křibek, B., Zeman, J. eds.),* 54–56.

GORDĚJENKO, V. V., ILINA, A. N., TIMOCHINA, L. A., BADANINA, E. V., STANĚK, J., 1996: Geochemical model of evolution of pegmatite-ore system western Moravia. – *Zap. Vses. Mineral. Obsch.,* 125, 38–48.

GRENAR, A., 1958: Mineralogicko-petrografické studie pegmatitu v Kříženci a jeho nejbližšího okolí. – *Geol. Práce,* 13, 74–96.

GRIMM, M. C., 1991: Beitrage zur Kenntnis der Pegmatite im Bayerischen Wald, 2: Die Verbandsverhalnisse des Turmalinpegmatits Maisried bei Bobrach/Bayerischer Wald. – *Aufschluss,* 42, 179–192.

GRIMM, M.C., 1992: Beitrage zur Kenntnis der Pegmatite im Bayerischen Wald, 3: Pegmatit- und Granitgange im Bereich Bobrach-Bodenmais/Bayerischer Wald. – *Aufschluss,* 43, 271–286.

GRYM, V., 1975: Geochemická klasifikace žulových pegmatitů Českého masívu. – *Geoindustria, vybrané práce, techologie a geologie rudních ložisek, 7,* 235–240.

GRYM, V., 1994: Lithný pegmatit z Nové Vsi u Čes. Krumlova. – *Minerál, 2,* 245–250.

HÁJEK, J., STAŇKOVÁ, J., 1970: Drobná tektonika a petrografie pegmatitů z Bobrůvky u Velkého Meziříčí. – *Vlast. Sbor. Vysočiny,* 6, 33–43.

HEGNER, E., KRÖNER, A., 2000: Review of Nd isotopic data and xenocrystic and detrital zircon ages from the pre-Variscan basement in the eastern Bohemian Massif: speculations on palinspatic reconstruction. – In:

Franke W., Haak V., Oncken O., & Tanner D. (eds). Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Belt. Geological Society, London, Special Publications, 179, 113–129.

HEHENBERGER, R., 1997: Elbait, Olenit und Lepidolith von Maigen/Niederösterriech. – *Lapis,* 22, 241–44.

HOLUB, F. V., COCHERIE, A., ROSSI, P., 1997: 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.

HOUZAR, S., 1985: Příspěvek k petrografii reakčních vápenatých skarnů u Sokolí na Třebíčsku. – *Přírod. Sbor. Západomorav. Muz.*,14, 9–21.

HOUZAR, S., 1987: Nový lithný pegmatit z Kracovic u Třebíče. – *Acta Sci. nat. Musei Moraviae occident. Třebíč,* 1–4.

HOUZAR, S., 1996: Nový lepidolitový pegmatit od Sedlatic u Želetavy, záp. Morava – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.,* 80, 47–55.

HOUZAR, S., NOVÁK, M., 1985: Nový lithný pegmatit ze Zárubic u Třebíče. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 70, 209–210.

HOUZAR, S., NOVÁK, M., 2001: Mramory na jihovýchodním okraji Českého masivu (přehled výzkumů). – *Vlastiv. Sbor. Vysočiny, Jihlava,* 3–33.

HOUZAR, S., ŠREIN, V., 1990: Calcite-andradite microclinite from Markvartice near Třebíč. – *Acta Mus. Moraviae. Sci. nat.* 75, 3–20.

HRUSCHKA, W., 1824: Vorkommen und Kristallisation einiger mähr. Fossilien. – *Mitt. der Mähr. Schles. Gessel.* No. 52.

CHÁB, J., FEDIUKOVÁ, E., FIŠERA, M., NOVOTNÝ, P., OPLETAL, M., 1992: Deformation and metamorphism in the silesicum (North Moravia, Czechoslovakia). – *Proceedings 1st International Conference on the Bohemian Massif, Czech Geol. Survey,* 44–48.

CHÁB, J., FIŠERA, M., FEDIUKOVÁ, E., NOVOTNÝ, P., OPLETAL, M., SKÁCELOVÁ, D., 1984: Problémy tektonického a metamorfního vývoje východní části Hrubého Jeseníku. – *Sbor. Geol. Věst., Ř. G.*, 39, 27–72.

CHÁB, J., SUK M., 1977: Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy. – *Knihovna ÚÚG,* svazek 50. 156 stran.

CHAKOUMAKOS, B.C., LUMPKIN, G.R., 1990: Pressure-temperature constraints on the crystallization of the Harding pegmatite, Taos County, New Mexico. – *Canad. Mineralogist,* 28, 287–298.

CHEN, F., SIEBEL, W., 2004: Zircon and titanite geochronology of the Fürstenstein granite massif, Bavarian Forest, NW Bohemian Massif: Pulses of the late Variscan magmatic activity. – *Eur. J. Mineral.,* 16, 777–788.

CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z., 2002: Geologická minulost České republiky. – *Academia Praha.* 436 stran.

JANECZEK, J., SACHANBINSKI, M., 1989: Pegmatyty berylowe w granicie Dwulyszczykowym wschodniej czesci masywu Strzegom-Sobótka. – *Archiwum Mineralogiczne,* T., 44, 57–76.

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. – *J. Petrology,* 41, 511–543.

JIANG, S-Y., YANG, J. H., NOVÁK, M., SELWAY, J. B., 2003: Chemical and boron isotopic compositions of tourmaline from the Lavičky leucogranite, Czech Republic. – *Geochem. J.,* 37, 545–556.

KECK, E., 1985: Über einige Mineralien von Rudolfstein im Fichtelgebirge. – *Aufschluss,* 36, 348–358.

KLAPROTH, M.H., 1792: Aus einem Schreiben von Hrn. Bergrath Karsten in Berlin. – *Bergmannisches Journal*, 80.

KLÖTZLI, U.S., FRANK, W., SCHARBERT, S., THÖNI, M., 1999: Evolution of the SE Bohemian Massif based on geochronological data – a review. – *Jb. Geol. B.-A.,* 141, 377–394.

KLÖTZLI, U. S., PARRISH, R.R., 1996: Zircon Pb-Pb and U-Pb geochronology of the Rastenberg granodiorite, South Bohemian Massif, Austria. – *Mineral. Petrology,* 58, 197–214.

KÖHLER, H., DODIG, G., HÖLZL, S., 1993: Zirkondatierungen am Leuchtenberger Granite (NE Bazern). – *Beihefte Europ. J. Mineral.,* 5, 116.

KOŠLER, J., ROGERS, G., BOWES, D.R., HOPGOOD, A.M., 1994: Rb-Sr isotopic evidence for polymetamorphism in the Domažlice crystalline complex from a study of mica-feldspar pairs in a segregation pegmatite near Stráž, western Bohemia. – *Mitt. Öster. Min. Ges.,* 139, 75–76.

KOTKOVÁ, J., NOVÁK, M., POVONDRA, P., 2003a: Locality No. 6: Horní Bory near Velké Meziříčí. Granulite, migmatite and granitic pegmatite. Minerals of interest: cordierite (H_2O, CO_2, Li), schorl, oxy-schorl (OH, F, O, B, Li). – *International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Field trip guidebook (Novák, M. ed.)*, 47–52.

KOTKOVÁ, J., SCHALTEGGER, U., LEICHMANN, J., 2003b: 338–335 Ma old intrusions in the E Bohemian massif – a relic of the orogen-wide durbachitic magmatism in European Variscides. – *J. Czech Geol. Soc.*, 48, 80–81.

KRATOCHVÍL, F., VACHTL, J., ZOUBEK, V., 1951: Geologické poměry kříženecko-nezdického pegmatitového pásma tepelské vysočiny. – *Sbor. Ústř. Ústav. Geol.*, 18, 201–223.

KREJČÍ, A., 1923: Písekit, nový radioaktivní nerost nebo klamotvar. – *Čas. Mineral. Geol.*, 1, 1–5.

KRÖNER, A., JAECKEL, P., REISCHMANN, T., KRONER, U., 1998: Further evidence for an early Carboniferous (~ 340 Ma) age of high-grade metamorphism in the Saxonian granulite complex. – *Geol. Rundsch.*, 86, 751–766.

KRÖNER, A., O'BRIEN, P. J., NEMCHIN, A. A., PIDGEON, R. T., 2000: Zircon ages for high pressure granulites from South Bohemia, Czech Republic, and their connection to Carboniferous high temperature processes. – *Contrib. Mineral. Petrology*, 138, 127–142

KRÖNER, A., WENDT, I., LIEW, T.C., COMPSTON, W., TODT, W., FIALA, J., VAŇKOVÁ, A., VANĚK, J., 1988: U-Pb zircon and Sm-Nd model ages of high-grade Moldanubian metasediments, Bohemian Massif, Czechoslovakia. – *Contrib. Mineral. Petrology*, 99, 257–266.

KÜSTER, D., 1995: Rb-Sr isotope systematics of muscovite from Pan-African granitic pegmatites of Western and Northeastern Africa. – *Mineral. Petrology*, 55, 71–84.

KUTINA, J., 1944: Nové nálezy nerostů na Říčansku a Jílovsku. – *Vědy přírodní*, 23, 33–41.

LÁZNIČKA, P. 1967: Mineralogie středočeského plutonu. – *Přednášky Národní muzeum v Praze*, 48 stran.

LEICHMANN, J., NOVÁK, M., SULOVSKÝ, P,. 1999: Peraluminous Whole-Rock Chemistry versus Peralkaline Mineralogy of Highly Fractionated Garnet-Bearing Granites from the Brno Batholith. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft*, 11, 144.

LIANG, J-J., HAWTHORNE, F. C., NOVÁK, M., ČERNÝ, P., OTTOLINI, L., 1995: Crystal-structure refinement of boromuscovite polymorphs using a coupled Rietveld-static-structure-energy minimization method. – *Canad. Mineralogist*, 33, 859–865.

LINNEN, R. F., 2004: Granite-related rare-element deposits and experimental constrints on Ta-Nb-W-Sn-Zr-Hf mineralization. – *In: R. L. Linnen, I. M. Samson eds.: Rare-element geochemistry and ore deposits, GAC Short Course Notes*, 17, 70–102.

LITOCHLEB, J., 1972: Amazonitový pegmatite z Hraničné ve Slezsku. – *Čas. Slez. Muzea*, 21, 151–154.

LONDON, D., 1992: The application of experimental petrology to the genesis and crystallization of granitic pegmatites. – *Canad. Mineralogist*, 30, 499–540.

LONDON, D., 1996: Granitic pegmatites. – *Trans. Royal Soc. Edinburgh Earth Sci.*, 87, 305–319.

LONDON, D., 2004a: Geochemistry of alkali and alkaline earth elements in ore-forming granites, pegmatites, and rhyolites. – *In: R. L. Linnen*, I. M. *Samson eds.: Rare-element geochemistry* and ore deposits, GAC *Short Course Notes*, 17, 25–69.

LONDON, D., 2004b: Granitic pegmatites: an accessment of current concepts and directions for the future. – *Lithos*, v tisku.

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.

LONDON, D., EVENSEN, J. M., 2002: Beryllium in silicic magmas and the origin of beryl-bearing pegmatites. In: E. S. Grew ed. Beryllium – mineralogy, petrology and geochemistry. – *Rev. Mineral., Geochem.*, 50, 445–486.

LONDON, D., MORGAN, G. B. VI, HERVIG, R. L., 1989: Vapor-undersaturated experiments with Macusani glass + H_2O at 200 MPa, and internal differentiation of granitic pegmatites. – *Contrib. Mineral. Petrology*, 102, 1–17.

LOSERT, J., 1956: Dumortierity z pegmatitů a migmatitů v širším okolí Kutné Hory. – *Rozpr. ČSAV*, 66, 1–44.

LOSOS, Z., SULOVSKÝ, P., VÁVRA, V., 1998: Sn-, Bi-, and Ag-minerals from pegmatites, aplites and quartz veins of Žulová granitic massif (Silesicum, Czech Republic). – *Krystalinikum*, 24, 53–72.

LOSOS, Z., ZIMÁK, J., KRAUSOVÁ, D., SULOVSKÝ, P., 1995: Chamosit („strigovit") z Žulovského masivu (Česká republika) a jeho srovnání s chlority v Strzegom-Sobótka massif (Poland). – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 80, 9–34.

Mac Bride, L. M., 2003: Feldspar crystallization sequence and its petrological implications in the Valy pegmatite at Bobrava, western Moravia, Czech Republic. – *MS* bakalářská práce, University of Manitoba, Winnipeg, 127 stran.

MASAU, M., STANĚK, J., ČERNÝ, P., CHAPMAN, R., 2000: Metasomatic wolfeite and Associated phosphates from the Otov I granitic pegmatite, western Bohemia. – *J. Czech Geol. Soc.*, 45, 159–173.

MÍSAŘ, Z., DUDEK, A., 1993: Some critical events in the geological history of eastern margin of the Bohemian Massif. – *J. Czech Geol. Soc.*, 38, 9–20.

MÍSAŘ, Z., DUDEK, A., HAVLENA, V., WEISS, J., 1983: Geologie ČSSR I, Český masív. – SPN Praha, 333 stran.

MORÁVEK, P., 1954: Pegmatity z Kamenného Přívozu u Jílového. – *Čas. Nár. Muzea, odd. Přír.*, 73, 46–52.

MORGAN, G. B. VI, LONDON, D., 1987: Alteration of amphibolitic wallrocks around the Tanco rare-element pegmatite, Bernic Lake, Manitoba. – *Amer. Mineralogist,* 72, 1097–1121.

MORGAN, G.B.VI, LONDON, D., 1989: Experimental reactions of amphibolite with boron-bearing aqueous fluids at 200 MP a: implications for tourmaline stability and partial melting of mafic rocks. – *Contrib. Mineral. Petrology*, 102, 281–297.

MRÁZEK, Z., VRÁNA, S., 1984: Highly aluminian titanite from a plagioclase-fluorite pegmatite in skarn at Vlastějovice, Czechoslovakia. – *Neues Jb. Mineral., Mh.,* 193–196.

MÜCKE, A., KECK, E., HAASE, J., 1990: Die genetische Entwicklung des Pegmatits von Hagendorf-Süd Oberpfalz. – *Aufschluss,* 41, 33–51.

NĚMEC, D., 1963: Eruptivgesteine in westmährischen Skarnen und ihre genetische stellung. – *Neues Jb. Mineral., Abh.,* 100, 203–224.

NĚMEC, D., 1976: Versuch einer paragenetischen Analyse der Pegmatite Böhmens und Mährens. – *Chem. D. Erde,* 35, 126–157.

NĚMEC, D., 1981: Ein Pegmatit mit Li-Mineralisierung von Dolní Bory, Westmähren (ČSSR). – *Chem. d. Erde,* 40, 146–177.

NĚMEC, D., 1982: Ein Pegmatit mit Li-Mineralisierung bei Radonín in Westmähren (ČSSR). – *Chem. d. Erde,* 41, 243–253.

NĚMEC, D., 1983a: Der Li-Pegmatit bei Rudolec in Mähren (ČSSR) und Fragen der pegmatites mit verstreuter Li-Mineralisation. – *Z. Geol. Wiss.*, 11, 715–727.

NĚMEC, D., 1983b: Zinnwaldit in Moldanubischen Lithium-Pegmatiten. – *Chem. Erde,* 42, 197–204.

NĚMEC, D., 1988: Das Be-Borat Hambergit im Pegmatit Jeclov II (West-Morava/ČSSR) und seine Entstehung. – *Z. geol. Wiss.,* 16, 245–251.

NĚMEC, D., 1989a: Chemical composition of tourmaline in pegmatites of the Jihlava Massif (Western Moravia, ČSSR). – *Chem. d. Erde,* 49, 317–340.

NĚMEC, D., 1989b: Lithium aluminosilicates in pegmatites affected by stress. – *Chem. Erde,* 49, 167–172.

NĚMEC, D., 1990a: Neues zur Mineralogie eines Hambergit-führenden Pegmatitigangs von Kracovice (bei Třebíč, Westmähren, ČSFR). – *Z. geol. Wiss.*, 18, 1105–1115.

NĚMEC, D., 1990b: Fertile leucogranites and aplites of the Jihlava pegmatite field, western Moravia, Czechoslovakia. – *Acta Univ. Carol., Geol.,* 25–34.

NĚMEC, D., 1992: Pegmatity s drúzovými dutinami západomoravského krystalinika. – *Přír. Sbor. Západomor. Muzea,* 18, 13–23.

NĚMEC, D., 1993: Lithné pegmatity jihlavského masívu, západní Morava. – *Vlast. Věst. Vysočiny,* 11, 75–99.

NĚMEC, D., 1998: The Rožná pegmatite field, western Moravia (Czech Republic). – *Chem. d. Erde.* 58, 233–246.

NIEDERMAYR, G., 1969: Der Pegmatit der Königsalm, Niederösterreich. – *Ann. Naturhistor. Mus. Wien,* 73: 49–54.

NOVÁČEK, R., 1931: Granáty československých pegmatitů. – *Věst. Král. Čes. Spol. Nauk, tř. II,* 38, 1–55.

NOVÁČEK, R., 1932: Fergusonit z Frýdberka. – *Příroda*, 25, 18–20.

NOVÁK, M., 1981: Mineralogie pegmatitu od Hamrů nad Sázavou, západní Morava. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 66, 7–16.

NOVÁK, M., 1988: Granáty z pegmatitů Hrubého Jeseníku (severní Morava). – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 73, 3–28.

NOVÁK, M., 1992: Locality No. 1: Rožná near Bystřice nad Perštejnem, a large pegmatite dike of the lepidolite subtype, type locality of lepidolite. – *International symposium on mineralogy, petrology and geochemistry of granitic pegmatites Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992, Field trip guidebook (Novák, M., Černý, P. eds.),* 21–26.

NOVÁK, M., 1995: Ferrocolumbit z beryl-columbitového pegmatitu v Kostelním Vydří u Telče, západní Morava. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.,* 79, 3–8.

NOVÁK, M., 1998: Fibrous blue dravite; an indicator of fluid composition during subsolidus replacement processes in Li-poor granitic pegmatites in the Moldanubicum, Czech Republic. – *J. Czech Geol. Soc.,* 43, 24–30.

NOVÁK, M., 1999: Cassiterite and tusionite as monitors of B and Sn behaviour in the elbaite pegmatite at Řečice near Nové Město na Moravě, western Moravia, Czech Republic. – *Neues Jb. Miner., Mh.*, 481–493.

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., 2001: Are granitic pegmatites a toy for descriptive mineralogists or a useful tool for geologists? – *MinPet 2001 Symposium, Mittl. Österr. Miner. Gessel.*, 146, 217–219.

NOVÁK, M., BURNS, P.C, MORGAN, G.B.VI. 1998b: Fluorine variation in hambergite from granitic pegmatites. – *Canad. Mineralogist*, 36, 441–446.

NOVÁK, M., ČECH, F., 1996: 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., 1998: Niobium-tantalum oxide minerals from complex pegmatites in the Moldanubicum, Czech Republic; Primary versus secondary compositional trends. – *Canad. Mineralogist*, 36, 659–672.

NOVÁK, M., ČERNÝ, P., CEMPÍREK, J., ŠREIN, V., FILIP, J., 2004a: Ferrotapiolite as pseudomorph of stibiotantalite from the Laštovičky lepidolite pegmatite, Czech Republic; an example of hydrothermal alteration at constant Ta/(Ta + Nb). – *Canad. Mineralogist*, 42, 1117–1128.

NOVÁK, M., ČERNÝ, P., COOPER, M., HAWTHORNE, F. C., OTTOLINI, L., XU, Z., LIANG, J-J., 1999a: Boron-bearing $2M_1$ polylithionite and $2M_1$ + 1M boromuscovite from an elbaite pegmatite at Řečice, western Moravia, Czech Republic. – *Eur. J. Miner.*, 11, 669–678.

NOVÁK, M., ČERNÝ, P., ČECH, F., STANĚK, J., 1992: Granitic pegmatites in the territory of the Bohemian and Moravian Moldanubicum. – *International symposium on mineralogy, petrology and geochemistry of granitic pegmatites Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992, Field trip guidebook (Novák, M., Černý, P. eds.)*, 11–20.

NOVÁK, M., ČERNÝ, P., KIMBROUGH, D. L., TAYLOR, M. C., ERCIT, T. S., 1998a: U-Pb Ages of monazite from granitic pegmatites in the Moldanubian Zone and their geological implications. – *Acta Univ. Carol., Vol. conf. POCEEL* Praha, 42, 309–310.

NOVÁK, M., ČERNÝ, P., POVONDRA, P., ŠKODA, R., 2003c: Locality No. 4: Věžná near Nedvědice. Beryl pegmatite. Minerals of interest: cordierite (Li, Be, H_2O), beryl, dravite, oxy-dravite (Li, B, OH, O, F). – *International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Field trip guidebook (Novák, M. ed.)*, 31–37.

NOVÁK, M., ČERNÝ, P., SELWAY, J. B., 1999c: 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., ČERNÝ, P., UHER, P., 2003a: Extreme variation and apparent reversal of Nb-Ta fractionation in columbite-group minerals from the Scheibengraben beryl-columbite pegmatite, Maršíkov, Czech Republic. – *Eur. J. Miner.*, 15, 565–574.

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., Houzar, S., Pfeiferová, A., 1998c: Přehled mineralogie, petrografie a historie klasické lokality lepidolitového pegmatitu v Rožné u Bystřice nad Pernštejnem, západní Morava. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 83, 3–48.

NOVÁK, M., HOUZAR, S., ŠREIN, V., 1997c: Gahnite-bearing marbles and their regional geological significance, E-NE of the Bohemian Massif. – *J. Czech Geol. Soc.*, 42, 33–40.

NOVÁK, M., HYRŠL, J. (1992): Locality No. 3: Vlastějovice near Zruč nad Sázavou, pegmatites with fluorite penetrating skarn. – *International symposium on mineralogy, petrology and geochemistry of granitic pegmatites Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992, Field trip guidebook (Novák, M., Černý, P. eds.)*, 33–37.

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

NOVÁK, M., KLEČKA, M., ŠREIN, V., 1994: Compositional evolution of Nb,Ta-oxide minerals from alkali-feldspar muscovite granites Homolka and Šejby southern Bohemia, and its comparison with other rare-element granites. – *MinPet 94 Symposium, Mitteil. Österreich. Mineral. Gessel.*, 139, 353–354.

NOVÁK, M., KORBEL, P., ODEHNAL, F., 1991: Pseudomorphs of bertrandite and epididymite after beryl from Věžná, Western Moravia, Czechoslovakia. – *Neues Jb. Miner. Mh.*, 1991, 473–480.

NOVÁK, M., NEPEJCHAL, M., ŠKODA, R., URBÁNEK, B., 2003b: Beryl-columbitový pegmatit z Branné, Hrubý Jeseník. – *Acta Musei Moraviae, Sci. geol.*, 88, 113–122.

NOVÁK, M., POVONDRA, P., 1995: Elbaite pegmatites in the Moldanubicum: a new subtype of the rare-element class. – *Mineral. Petrology*, 55, 159–176.

NOVÁK, M., POVONDRA, P., SELWAY, J. B., 2004b: Schorl-oxy-schorl to dravite-oxy-dravite tourmaline from granitic pegmatites; examples from the Moldanubicum, Czech Republic. – *Eur. J. Miner.*, 16, 323–333.

NOVÁK, M., REJL, L., 1993: Vztah muskovitických pegmatitů ke geofyzikálním polím v oblasti Hrubého Jeseníku. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 77, 49–61.

NOVÁK, M., SEJKORA, J., COOPER, M. A., 2000: Cyrilovite from Cyrilov, western Moravia, Czech Republic; new data on the type material. – *J. Czech. Geol. Soc.*, 45, 1010–1016.

NOVÁK, M., SELWAY, J. B., 1997: Locality No. 1: Rožná near Bystřice nad Pernštejnem, Hradisko hill, a large lepidolite subtype pegmatite dike. – *International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997, Field Trip Guidebook (Novák M., Selway J. B. eds.)*, 23–38.

NOVÁK, M., SELWAY, J. B., ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F.C., 1999b: Tourmaline of the elbaite-dravite series from an elbaite-subtype pegmatite at Bližná, southern Bohemia, Czech Republic. – *Eur. J. Mineral.*, 11, 557–568.

NOVÁK, M., SELWAY, J.B., KORBEL, P., ŠARBACH, M., 1997a: Locality No. 4: Bližná near Černá v Pošumaví, elbaite subtype pegmatite penetrating marble with exomorphic tourmaline. – *International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997, Field Trip Guidebook (Novák M., Selway J. B. eds.)*, 55–70.

NOVÁK, M., SELWAY, J. B., STANĚK, J., 1997b: Locality No. 10: Myšenec near Protivín, barren pegmatite with giant tourmaline aggregates. – *International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997, Field Trip Guidebook (Novák M., Selway J.B. eds.)*, 105–110.

NOVÁK, M., SELWAY, J. B., ŠKODA, R., 2003c: 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.

NOVÁK, M., SELWAY, J. B., UHER, P., 1997d: Locality No. 6: Lavičky near Velké Meziříčí, quartz-tourmaline orbicules in leucocratic two-mica granite tourmaline in barren pegmatite and hydrothermal quartz-tourmaline veins. – *International Symposium on Tourmaline, Nové Město na Moravě, June 1997, Field Trip Guidebook (Novák M., Selway J.B. eds.)*, 77–84.

NOVÁK, M., STANĚK, J., 1999: Pegmatit od Dobré Vody. – *Acta Mus. Moraviea, Sci. geol.*, 84, 3–44.

NOVÁK, M., ŠREIN, V., 1989: Chemical composition and paragenesis of wolframite from the Dolní Bory pegmatites, western Moravia, Czechoslovakia. – *Acta Univ. Carol. Geol., Čech Vol.*, 495–500.

NOVÁK, M., ŠREIN, V., 1998: Niobian cesstibtantite from the Dobrá Voda lepidolite pegmatite, Western Moravia, Czech Republic. – *Neues Jb. Miner. Mh.*, 1998, 354–360.

NOVÁK, M., ŠREIN, V., HOUZAR, S., 1990: Chemical composition of titanite from various calc-silicate rocks and associated pegmatites in the eastern part of the Moldanubicum, western Moravia, Czechoslovakia. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 75, 3–20.

NOVÁK, M., TAYLOR, M. C., 2000: Foitite: Formation during late stages of evolution of complex pegmatites at Dobrá Voda, Czech Republic, and Pala, California, USA. – *Canad. Mineralogist*, 38, 1399–1408.

NOVÁK, M., ZIMÁK, J., JILEMNICKÁ, L., 1985: Nearly pure grossular from a pegmatite. – *Neues Jb. Miner. Mh.*, 1985, 179–183.

NOVOTNÝ, M., STANĚK, J., 1953: Nový minerál, fosforečnan cyrilovit. – *Práce Moravskoslezs. akad. věd přír.*, 25, 325–336.

O'BRIEN, P. J., 2000: The fundamental Variscan problem: high-temperature metamorphism at different depths and high-pressure metamorphism at different temperatures. – In: Franke W., Haak V., Oncken O., & Tanner, D. (eds). Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Belt. Geological Society, London, Special Publications, 179, 369–386.

PAULIŠ, P., MAZUCH, J., 2003: Amblygonit z lithného pegmatitu z Dolní Rožínky. – *Vlastiv. Sbor. Vysočiny*, 16, 59–61.

PETRAKAKIS, K., 1997: Evolution of Moldanubian rocks in Austria: review and synthesis. – *J. Metamorphic Geol.*, 15, 203–222.

PIECZKA, A., 2000: A rare mineral-bearing pegmatite from the Szklary serpentinite massif, the Fore-Sudetic Block, SW Poland. – *Geologica Sudetica*, 33, 23–31.

PIECZKA, A., MARSZALEK, M., GOLEBIOWSKA, B., 1997: Manganoniobite, stibioniobite and Hf-zircon from the Szklary pegmatite, Lower Silesia (Poland). – *Mineral. Polonica*, 28, 89–100.

POKORNÝ, J., STANĚK, J., 1951: Berylový pegmatit ze Scheibengraben u Maršíkova. – *Práce Moravskoslez. Akad., Vědy přír.*, 7, 247–258.

POVONDRA, P., 1981: The crystal chemistry of tourmalines of the schorl-dravite series. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 223–264.

POVONDRA, P., ČECH, F., STANĚK, J., 1985: Crystal chemistry of elbaites from some pegmatites of the Czech Massif. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 1–24.

POVONDRA, P., LANG, M., PIVEC, E., ULRYCH, J., 1998: Tourmaline from the Přibyslavice peraluminous alkali-feldspar granite, Czech Republic. – *J. Czech Geol. Soc.*, 43, 3–8.

POVONDRA, P., NOVÁK, M., 1986: Tourmalines from metamorphosed carbonate rocks from western Moravia. – *Neues Jb. Miner. Mh.*, 1986, 273–282.

POVONDRA, P., PIVEC, E., ČECH, F., LANG, M., NOVÁK, F., PRACHAŘ, I., ULRYCH, J., 1987: Přibyslavice peraluminous granite. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 183–283.

POVONDRA, P., STAŇKOVÁ, J., STANĚK, J., 1992: CO_2-bearing cordierite of Moldanubian leptynite rock series from Horní Bory, Czech Republic. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 331–349.

PROCHÁZKA, J., 1966: O nových pegmatitech a jejich minerálech z okolí Šumperka. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat*, 51, 43–60.

REZEK, K., KRIST, P., 1985: Předběžná zpráva o výskytu U-Th, Ti-Zr a Nb-Ta minerálů na Holém vrchu u Vlatějovic. – *Čas. Mineral. Geol.*, 30, 434.

ROSICKÝ, V., KOKTA, J., 1931: O povaze plagioklasů z pegmatitů, provázejících hadce na západní Moravě. – *Sbor. Přír. spol. v Mor. Ostravě*, 6, 97–108.

SACHANBINSKI, M., 1973: Wystepowanie mineralow berylowych na Dolnym Slasku. – *Instytut Geologyczny – Biuletyn*, 264, 249–257.

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

SEKANINA, J., 1965: Vermiculit am Kontakt zwischen Aplit und Dolomit bei Prosetín. (Nordteil der Schwartzawakuppel). – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 17–30.

SELTMANN, R., LEHMANN, B., SCHNEIDER, T., HÖSEL, G., TÄGL, U., 1995: Tin-tungsten mineralization in the Ehrenfriesdorf District, Central Erzgebirge. Ore Mineralzations of the Krušné Hory Mts (Erzgebirge). – *Excursion Guide, SGA Meeting, Mineral Deposits: From Their Origin to their Environmental Impact, Czech Geological Survey, Prague*, 125–148.

SELWAY, J. B., 1999: Copositional evolution of tourmaline in granitic pegmatites. – *MS PhD thesis, University of Manitoba, Winnipeg*. 363 stran.

SELWAY, J. B., NOVÁK, M., ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F. C., 1999: Compositional evolution of tourmaline in lepidolite-subtype pegmatites. – *Eur. J. Miner.*, 12, 569–584.

SELWAY, J. B., NOVÁK, M., HAWTHORNE F. C., ČERNÝ P., OTTOLINI, L., KYSER, T. K., 1998: Rossmanite $\square LiAl_2Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$, a new alkali-deficient tourmaline: Description and crystal structure. – *Amer. Mineralogist*, 83, 894–900.

SCHMAKIN, B. M., MAKAGON, V. M., ZAGORSKY, V. JU., PERETYAZHKO, I.S., 1999: On the extreme concentrations of some minor elements in granitic pegmatites. – *The E. E. Foord Memorial Sympsium on NYF granitic pegmatites, Program and Abstracts, Canad. Mineralogist*, 37, 843–844.

SIEBEL, W., 1995: Anticorrelated Rb-Sr and K-Ar age discordances: Leuchtenberg granite, NE Bavaria, Germany. – *Contrib. Mineral. Petrology*, 120, 197–211.

SLAVÍK, F., 1951: Skarn a jeho resorpce pegmatitem-aplitem u Dolní Líšné na Novoměstsku. – *Sbor. Ústř. Ústav. Geol.* 18, 573–579.

SLOWAKIEWICZ, M., LODZINSKI, M., 2003: H_2O-CO_2-NaCl-CH_4 fluid inclusions in beryls from pegmatites of the Sudety Mts. – *Mineral. Polonica*, 34, 13–26.

SOJKA, A., 1969: Mineralogické a texturně paragenetické poměry pegmatitů na ložisku Olší. – *MS* diplomová práce, PřF, Masarykova universita, Brno, 76 stran.

STANĚK, J., 1954: Petrografie a mineralogie pegmatitových žil u Dolních Borů. – *Práce Brněn. Zákl. Čs. Akad. Věd*, 26, 1–43 .

STANĚK, J., 1955: K paragenezi fosfátů z Cyrilova u Vel. Meziříčí. – *Čas. Morav muz.*, 40, 69–80.

STANĚK, J., 1965: Pegmatit z Dobré Vody u Velkého Meziříčí. – *Folia Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 6, 1–39.

STANĚK, J., 1967: Trifylín, sarkopsid a alluaudit z pegmatitu od Dolních Borů na západní Moravě. – *Čas. Morav. muz., vědy přír.*, 52, 35–42.

STANĚK, J., 1968: Triplit, kasiterit a topaz z pegmatitu od Rousměrova na západní Moravě. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 14, 71–81.

STANĚK, J., 1971: Studium sekundárních fosfátů železa a manganu z pegmatitu od Cyrilova. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 22, 25–48.

STANĚK, J., 1973a: Mineral paragenesis of the new lithium-bearing pegmatite at Laštovičky, western Moravia, Czechoslovakia. – *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 3, 1–14.

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

STANĚK, J., 1977: Pegmatites from skarn near Líšná, western Moravia. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 145–149.

STANĚK, J., 1983: Projevy rekrystalizace v pegmatitech u Moravského Krumlova v jižní části brněnského masívu. – *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 13, 185–194.

STANĚK, J., 1986: Paragenezis mineralov miarolovych pegmatitov Zapadnoj Moravii, Čechoslovakija. – *Proceedings of the General Meeting of IMA, Varna 1982*, 403–410.

STANĚK, J., 1987: Garnets from granioid and pegmatoid rocks of the Dyje massif. – *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 17, 21–28.

STANĚK, J., 1991: Parageneze minerálů pegmatitových žil z Hatí u Dolních Borů na západní Moravě. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 76, 19–49.

STANĚK, J., 1992: Locality No. 7: Nová Ves near Český Krumlov, a pegmatite dike of the petalite subtype penetrating serpentinite. – *International symposium on mineralogy, petrology and geochemistry of granitic pegmatites Lepidolite 200, Nové Město na Moravě, August-September 1992, Field trip guidebook (Novák, M., Černý, P. eds.)*, 57–62.

STANĚK, J., 1997: Asociace minerálů významnějších pegmatitových žil v Hatích u Dolních Borů na západní Moravě. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 82, 3–19.

STANĚK, J., 2000: Minerály pegmatitů. In: J. H. Bernard, Minerály České republiky – stručný přehled. 26–50. – *Academia Praha.*

STANĚK, J., MIŠKOVSKÝ, J., 1975: Sekaninaite, a new mineral of the cordierite series, from Dolní Bory, Czechoslovakia. – *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 5, 21–30.

STANĚK, J., POVONDRA, P., 1987: Elbaites from Řečice, western Moravia. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 72, 35–42.

STANĚK, J., SCHNORRER, G., 1993: Phenakit und Buergerit aus dem Skarnsteinbruch Vlastějovice bei Zruč nad Sázavou in Böhmen. – *Aufschluss*, 44, 161–164.

STOČES, B., 1918: O pegmatitu z rudního obvodu příbramského. – *Rozp. České akad. Věd*, 27, 1–8.

STRUNZ, H., FORSTER, A., TENNYSON, CH., 1975: Die Pegmatite in der nördlichen Oberpfalz. – *Aufschluss*, 26, 117–189.

STRUNZ, H., TENNYSON, CH., 1980: Die Kluft- und Drusenmineralien der Fichtelgebirgsgranite. – *Aufschluss*, 31, 419–451.

SUESS, F. E., 1903: Bau und Bild der Böhmischen Masse. – In: Bau und Bild Österreichs, Wien.

SUESS, F. E., 1912: Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des Hohes Gesenkes. Denkschr. – *Öster. Akad. Wiss., math.-naturviss. Kleide*, 88, 541–629.

SUIDA, R., 2001: Mineraly z pegmatitów masywu strzegomskiego. – *Otoczak*, 27, 15–25.

SUIDA, R., 2002: Pegmatyty Karkonoszy. – *Otoczak*, 28, 2–12.

SZTACHO, P., 1978: Nerosty okolí Humpolce. – *Přednášky Národní muzeum*, 23 stran.

ŠKODA, R., 2003: Minerály Y, REE, Ti, Nb a Ta z NYF pegmatitů českého masívu. – *MS* diplomová práce, PřF, Masarykova universita, Brno, 81 stran.

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., 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.

ŠREIN, V., STARÝ, J., KOLMAN, J. B., ŠŤASTNÝ, M., ŠREINOVÁ, B., 2004: Lepidolit z Přibyslavic u Čáslavi. – *Bull. Mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz., 12, 189–192.*

TEERTSTRA, D. K., ČERNÝ, P., NOVÁK, M., 1995: Compositional and textural evolution of pollucite in rare-element pegmatites of the Moldanubicum. – *Mineral. Petrology*, 55, 37–52.

TENNYSON, CH., 1960: Berylliummineralien und ihre pegmatische Paragenese in der Graniten von Tittling/ Bayerischer Wald. – *Neues Jb. Miner. Abh.*, 94, 1253–1265.

TRNKA, M., HOUZAR, S., 1993: Corundum pegmatite from Pokojovice near Třebíč. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 78, 3–12

TURNIAK, K., BRÖCKER, M., 2002: Age of the two-mica granite from the Strzegom-Sobótka massif: new data from U/Pb monazite and xenotime study. – *Mineralogical Society of Poland, Special Papers*, 20, 211–213.

UHER, P., 1998: Composition of Nb,Ta,Ti,Sn-bearing oxide minerals from the Homolka phosphorus-rich granite, Czech Republic. – *Acta Univ. Carol., Geol. Vol. Genetic significance of phosphorus in fractionated granites, Peršlák, September 1998*, 42, 169–172.

VAVŘÍN, I., 1962: Pegmatity magdalenského skarnového ložiska u Vlastějovic nad Sázavou. – *Sbor. Nár. muzea*, 18, 89–105.

VEJNAR, Z., 1965: Pegmatity poběžovicko-domažlické oblasti. – *Sbor. Geol. Věd, Ložisk. Geol.*, 4, 7–84.

VEJNAR, Z., 1968: The genesis of pegmatites and its relationship to the metamorphic and magmatic development of the West-Bohemian crystalline complexes. – *Rozp. Českoslov. Akad věd*, 78, 1–70.

VELEBIL, D., 1998: Revize lokality Březí u Říčan a lokality Cheb u Seče v Železných horách, naleziště krystalů ortoklasu. – *Minerál*, 6, 91–93.

VOLLSTÄDT, H., WEISS, S., 1991: Mineralfundstellen Sächsisches Erzgebirge. – Wiese Verlag, München, 127 stran.

VRÁNA, S., 1979: A secondary magnesium-bearing beryl in pseudomorphs after pegmatititic cordierite. – *Čas. Mineral. Geol.*, 24, 65–69.

VRÁNA, S., 2000: Margarit a sekundární korund v andalusitovém pegmatitu u Benešova nad Černou: důsledky pro interpretaci vzniku korundu v andalusitových pegmatitech moldanubika. – *Bull. Mineral-petrolog. Odd. Nár. Muz.*, 8, 250–252.

VRÁNA, S., KRÖNER, A., 1995: Pb-Pb zircon ages for tourmaline alkali-feldspar orthogneiss from Hluboká nad Vltavou in southern Bohemia. – *J. Czech Geol. Soc.*, 40, 127–135.

WEBBER, K. L., SIMMONS, W. B., FALSTER, A.U., FOORD, E. E., 1999: Cooling rates and crystallization dynamics of shallow level pegmatite-aplite dikes, San Diego County, California. – *Amer. Mineralogist*, 84, 708–717.

WELSER, P., 1995: Příspěvek k poznání mineralogie a petrografie pegmatitů z lomu nedaleko Rudolfova u Č. Budějovic. – *Sbor. Jihočes. Muz. v Č. Budějovicích, Přír. vědy*, 35, 21–34.

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.

WITZKE, T., GIESLER, T., 1998: Erster Nachweis des seltenen Scandium-Silikates Bazzit $Be_3Sc_2(Si_6O_{18})$, aus dem Königshainer Granit/Lausitz. – *Aufschluss*, 49, 293–297.

ŽÁČEK, V., 1997: Compositional evolution of garnet in the regionally metamorphosed skarn, Vlastějovice, evidence of the preservation of early stages pre-dating regional metamorphism. – *Bull. Czech Geol. Surv.*, 72, 37–48.

ŽÁČEK, V., NOVÁK, M., RAIMBOULT, L., ZACHARIÁŠ, J., ACKERMAN, L., 2003: Locality No. 8: Vlastějovice near Ledeč nad Sázavou. Fe-skarn, barren fluorite pegmatite. Minerals of interest: garnet (F, OH), hastingsite (F), titanite (F,OH), fluorite. – *International symposium on light elements in rock forming minerals LERM 2003, Nové Město na Moravě, June 2003, Field trip guidebook (Novák, M. ed.)*, 61–70.