

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Granitické pegmatity

Bakalářská práce

Barbora Myšková



Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jiří Zachariáš, Dr.

Praha 2009

PETROLOGIE
PEGMATITY
GRANITICKÉ PEGMATITY
INKLUZE
ČESKÝ MASIV
MINERALOGIE

Abstrakt

Pegmatity představují objekt mimořádně zajímavý jak z hlediska magmatické petrologie, mineralogie, tak i ložiskové geologie. V této práci je nejprve shrnut vývoj názorů na vznik pegmatitů, následně je popisována geologická stavba pegmatitů, minerální složení a jejich klasifikace podle geologického prostředí. Dále uvádím klasifikaci pegmatitů v Českém masivu, petrogenetickou klasifikaci a shrnuji výskyt granitických pegmatitů v jižních Čechách. V poslední kapitole se zabývám užitím surovin z pegmatitů.

Abstract

Pegmatites are interesting and important not only from the view of magmatic petrology and mineralogy, but also from the view of economic geology. This study summarizes genetic concepts of pegmatite formation, geology of pegmatitic bodies, mineralogy and classification of pegmatites based on the host environment. The rest of this study presents classification of pegmatites on the territory of the Czech Republic and also describes some localities of granitic pegmatites in the southern Bohemia. Raw materials associated with pegmatites are also included in the review.

Poděkování

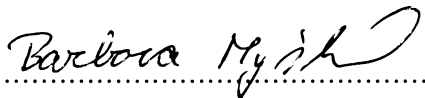
Především děkuji svému školiteli RNDr. Jiřímu Zachariášovi ^{Dr.} za ochotu, poskytnutí svého času, materiálů, trpělivosti, odborné a obětavé pomoci. Také bych mu ráda poděkovala za rady a cenné připomínky k textu, jež mi poskytoval a děkuji těm, kteří přispěli k tomu, abych svou práci přivedla do konečné podoby.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

V Praze dne 17. 8. 2009

Barbora Myšková


.....

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Geologická stavba pegmatitů.....	2
3. Minerální složení pegmatitů	4
4. Granitické pegmatity	5
4.1 {.....	6
Klasifikace granitických pegmatitů podle geologického prostředí.....	6
4.2 Klasifikace granitických pegmatitů Českého masivu podle Nováka	7
4.2.1 Abysální pegmatity	7
4.2.2 Subabysální pegmatity	8
4.2.3 Muskovitické pegmatity	8
4.2.4 Pegmatity muskovitové vzácných prvků.....	9
4.2.5 Pegmatity vzácných prvků	9
4.2.6 Miarolitické pegmatity	10
4.2.7 Exotické pegmatity	10
4.3 Petrogenetická klasifikace pegmatitů.....	11
5. Výskyt pegmatitů na území České republiky	12
5.1 Moldanubická oblast (moldanubikum)	13
5.2 Tepelsko-barrandienská oblast (bohemikum).....	14
5.3 Saxo-durynská oblast (saxothuringikum).....	14
5.4 Západosudetská oblast (lugikum)	14
5.5 Moravskoslezská oblast (silesikum, brunovistulikum a moravikum)	14
6. Granitické pegmatity v jižních Čechách.....	15
7. Inkluze v pegmatitech	17
8. Užití surovin z pegmatitů	18
9. Závěr	19
10. Seznam použité literatury	20

1. ÚVOD

Pegmatit je hrubozrnná magmatická hornina, často s idiomorfními krystaly, které nabývají velkých rozměrů (Petránek, 1993).

V průběhu dlouholetého studia pegmatitů vznikla celá řada teorií usilujících vysvětlit jejich vznik. Vzájemné odlišnosti jednotlivých teorií jsou odrazem jak pestrosti pegmatitů samotných, tak pestrosti prostředí, ve kterých se tato tělesa vyskytují a v neposlední řadě odrážejí i „módní“ trendy, poplatné době a místu vzniku.

Nejlépe vysvětlenou a propracovanou hypotézou je **hypotéza magmatická**, kde pegmatit vzniká postupnou krystalizací zbytkového silikátového magmatu. Hlavní etapou této hypotézy je krystalizace magmatu, ve které proběhla nejprve krystalizace bezvodých silikátů a částečně též minerálů, které obsahují hydroxylovou skupinu. Po této fázi vývoje zůstává zbytkové magma (často označováno jako pegmatoidní), které krystalizuje velmi zhruba v teplotním rozmezí 400 – 600 °C. Toto magma se obohatilo o složky, které se hlavní fáze krystalizace účastnily jen omezeně. Jedná se hlavně o tékavé složky (např. voda, F a B), tyto složky umožňují vznik velkých krystalů především křemene, živců, příp. dalších silikátů. Dále se jedná o řadu prvků, které se vzhledem k svým geochemickým vlastnostem nestaly součástí již vykrystalovaných minerálů (Li, Rb, Cs, Be, Y, Tr, Nb, Ta, Zr, Hf, U, Th a další). Z pegmatoidního magmatu krystalují magmatické minerály pegmatitů. V průběhu dalšího ochlazování a krystalizace pegmatoidního magmatu se uvolňuje z magmatu hydrotermální roztok, z kterého v závěru vzniku pegmatitu krystalizuje asociace hydrotermálních minerálů (Putirka, Tepley III, 2008, Holub 2002).

Vznik pegmatitu může být i magmaticko-metasomatický; tzv. **magmaticko-metasomatická hypotéza**, kde vznikají dvě oddělená stadia. V průběhu prvního stadia - magmatického - vzniká krystalizací ze zbytkového magmatu jednoduchý pegmatit zpravidla se zonální stavbou. Ve druhém stadiu - metasomatickém - dochází k metasomatickému nahrazování dříve vzniklých minerálů magmatického stadia mladšími minerály. K zatlačování však nemusí dojít v celém prostoru původního pegmatitu. Metasomatické procesy jsou vyvolány hydrotermálními roztoky, které vystupují z hloubky a nemají žádnou přímou souvislost se zbytkovým magmatem, z kterého v průběhu magmatického stadia vznikl jednoduchý pegmatit. V magmaticko-metasomatické hypotéze se nejdříve jedná o polouzavřenou soustavu s možným výnosem látek v magmatickém stadiu a později o otevřenou soustavu v metasomatickém stadiu.

Extrémní variantou výše uvedené hypotézy je čistě **hydrotermálně metasomatická hypotéza**, která odmítá existenci primárního pegmatoidního magmatu. Podle hydrotermálně metasomatické hypotézy pegmatity vznikají z libovolných hornin jejich rekrystalizací, kterou vyvolávají hydrotermálními roztoky. Díky této rekrystalizaci vznikají pegmatity, které bývají v další etapě vývoje postiženy metasomatickými

procesy, při kterých dochází k chemickým reakcím mezi staršími minerálními asociacemi pegmatitu a hydrotermálním roztokem. Postupující další dávky roztoků způsobují albitizaci draselných živců a metasomatické nahrazování pegmatitových minerálů minerály vzácných prvků. Hypotéza bere v úvahu omezenou rozpustnost těžkých složek v magmatu.

Vedle magmatických pegmatitů řada těles, zejména menších rozměrů, vzniká i metamorfně. **Metamorfní hypotéza** předpokládá vznik pegmatitů během regionální metamorfózy, a to buď parciálním tavením, nebo působením metamorfogenních roztoků (způsobí selektivní mobilizaci a redepozici prvků, které se pak podílejí na vzniku pegmatitů).

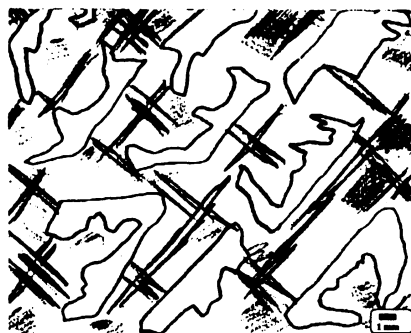
Všechny výše uvedené hypotézy byly podepřeny mnoha důkazy, ale mají také svá slabá místa. Dnes všeobecně převládá magmatický či magmaticko-hydrotermální model vzniku pegmatitů

(Suk, 1983, Zimák 2005, Kužvart a kol., 1992).

2. GEOLOGICKÁ STAVBA PEGMATITŮ

Vedle mineralogie a zrnitosti je jedním z velmi charakteristických rysů pegmatitů zonálnost pegmatitových těles. Na její vznik mají vliv zejména rozdílné teploty během vývoje pegmatitů a dále stupeň frakcionace magmatu.

V případě granitických pegmatitů, které jsou ze všech petrografických skupin pegmatitů nejrozšířenější můžeme často pozorovat následující zonálnost: Na okrajích pegmatitového tělesa je jen několik cm mocná aplitová (jemnozrnná) zóna, kterou tvoří převážně živce a křemen a malé množství tmavých minerálů (biotit, muskovit, skoryl). Tato zóna vzniká za teplot 700 – 800 °C. Směrem do středu pegmatitového tělesa dochází ke změně z aplitové zóny v zónu písmenkového (grafického) pegmatitu s písmenkovou strukturou (obr. 1), která vzniká za teplot 600 – 700 °C. Tento pegmatit tvoří prorůstající K-živc a křemen. V menším a proměnlivém množství může být v písmenkovém pegmatitu viděn i biotit nebo granát. Ve středu pegmatitového tělesa je tzv. blokový pegmatit, který tvoří velké K-živce (dorůstá několika dm až m) a křemen. V blokovém pegmatitu se také může nacházet muskovit, skoryl, beryl a případně další minerály. Aby vznikla bloková zóna pegmatitu, musí teplota dosahovat 500 – 600 °C. V této zóně vznikají minerály, které jsou obohaceny těžkými složkami, kolem teploty 500 °C. Pegmatity s výše popsanou stavbou se označují jako jednoduché pegmatity.

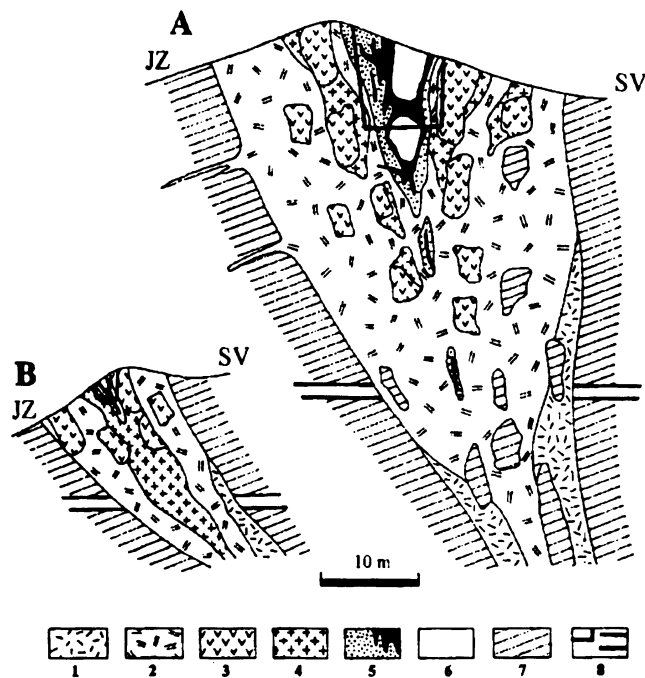


Obr.1. Písmenková textura granitického pegmatitu tvořená srůstem křemene a alkalického živce. Loklita Údraž u Písku (zroj: <http://petrol.sci.muni.cz/poznavanihornin/magmatity/pegmatit.htm>).

Granitický pegmatit se dále vyvíjí a velmi často není ukončen vznikem blokové zóny. Za teplotního rozmezí 400 – 500 °C dochází k metasomatickému zatlačování dříve vykrystalovaných minerálů, převážně K-živce, který může být zatlačován albitem, muskovitem, lepidolitem, spodumenem, amblygonitem a dalšími minerály. Za metasomatické pegmatity se považují ty pegmatity, ve kterých už proběhly metasomatické procesy.

Jako lithné pegmatity jsou označovány metasomatické pegmatity, ve kterých během metasomatických procesů vytvořily minerály obsahující lithium (např. lepidolit, amblygonit, elbaity). Lithný pegmatit můžeme nalézt například u Rožné u Bystřice nad Pernštejnem (obr.2). Zhruba 1 km dlouhá pegmatitová žíla u obce *Rožná*, která je odkryta hlavně na „Hradisku“ (mocnost asi 35 m) a na „Borovině“ (mocnost 12 m), má výraznou symetricky zonální stavbu. V příčném řezu pegmatitem lze vyčlenit šest hlavních stavebních jednotek, které se liší nerostným složením a strukturou (obr. 2): 1/ okrajová zóna hrubozrnného biotitického pegmatitu (tvořeného asociací křemen + K-živec + plagioklas + biotit), 2/ hrubozrnný turmalinický pegmatit (křemen + K-živec + plagioklas + skoryl + muskovit), 3/ písmenkový pegmatit (K-živec + albit + křemen ± skoryl), 4/ jemnozrnná až středně zrnitá granitická jednotka (křemen + K-živec + albit + skoryl ± muskovit), 5/ bloková zóna, která je diferencována na blokový K-živec (toho je v pegmatitovém tělese poměrně málo, a proto není na obr. 2 znázorněn) a na tzv. křemenné jádro (odkryté při vrcholu Hradiska), 6/ albit-lepidolitová jednotka. Poslední z uvedených jednotek tvoří mohutná hnízda, menší tělíska až žilky obvykle kolem křemenného jádra i uvnitř něj. Albit-lepidolitová jednotka pegmatitu je tvořena hlavně albitem, křemenem, muskovitem, lepidolitem (jenž je dominantním minerálem ve vnitřní části albit-lepidolitové zóny - obr. 2) skorylem a elbaitem (rubelitem, verdelitem, indigolitem). Zpravidla v jen akcesorickém množství je v albit-lepidolitové jednotce přítomen apatit, zirkon, beryl, topaz, manganocolumbit, amblygonit-montebrazit a kasiterit (kasiterit se zde lokálně vyskytuje ve velmi vysokých koncentracích, v letech 1917-1918 se dokonce uvažovalo o jeho těžbě). Lithný pegmatit u Rožné je světoznámou mineralogickou lokalitou, a to především díky lepidolitu, jenž byl z roženského pegmatitu popsán jako nový minerál (v r. 1792). Lepidolit zde byl těžen od počátku 18. století s

přestávkami až do 20. století (naposledy v letech 1917-1918). V období 2. světové války zde byl získáván živec a křemen ke sklářským účelům.



Obr. 2. Příčný řez pegmatitovým tělesem vystupujícím na Hradisku (řez A) a Borovině (řez B) u Rožné (převzato ze Zimák, 2005).

Vysvětlivky: 1 - hrubozrný biotitický pegmatit; 2 - hrubozrný turmalinický pegmatit; 3 - písmenkový pegmatit; 4 - granitická jednotka; 5 - albit-lepidolitová jednotka (černě jsou znázorněny partie, v nichž dominuje lepidolit); 6 - křemenné jádro; 7 - okolní horniny (pararuly) a jejich uzavření v pegmatitovém tělese; 8 - rozsah doboývek.

Pegmatity se objevují ve velmi proměnlivých tvarech a díky této proměnlivosti je komplikován průzkum i těžba. Nejčastější formy reprezentují žilná deskovitá tělesa o různých mocnostech, nebo hnízda či čočkovitá tělesa (často při okrajích rozsáhlejších granitových těles).

3. MINERÁLNÍ SLOŽENÍ PEGMATITŮ

Jejich základní minerální složení bývá velmi podobné jako u granitů v téže lokalitě. Nejčastěji obsahují křemen, alkalické živce (často mikroklin s typickými perthity albitu), slídy (nejčastěji muskovit, méně biotit), albit a vzácněji oligoklas. Za přítomnosti prvků jako jsou Li, Nb, Ta, Zr aj. vznikají minerály jako lepidolit, tantalit, topaz, beryl, turmalín aj.

Pegmatity se často v mnoha případech liší svým chemickým složením (Tabulka 1). Nejhojnějším je granitový pegmatit. Poměrně vzácným pegmatitem je dioritový a granodioritový, kde převažuje kyselý

plagioklas. Častěji se naopak vyskytují pegmatity alkalických hornin, které obsahují živce a nefelín (bohatý Zr, Th, Ti a Ce). Dále pak foidové pegmatity, gabrové a dunitové pegmatity (Bernard a kol., 1981).

Tabulka 1. Chemické složení granitů spjaté s granitickými pegmatity (zdroj: http://blog.beztecky.com/wiki/images/6/6a/04_pegm.pdf).

Chemické složení pegmatitů					
Table 1 Composition of typical fertile granites.					
	1 – Osis Lake			2 – Lac du Bonnet	
	biotite granite	coarse-grained leucogranite	pegmatitic leucogranite	leucogranite	pegmatitic leucogranite
SiO ₂ (wt%)	73.15	75.40	72.72	76.56	75.75
TiO ₂	0.12	0.06	0.04	0.10	0.03
Al ₂ O ₃	14.40	14.33	15.36	12.36	14.07
Fe ₂ O ₃	0.46	0.72	0.61	1.07	0.36
FeO	1.05	0.28	0.68	0.58	0.15
MnO	0.03	0.06	0.06	0.03	0.01
MgO	0.48	0.13	0.06	0.10	0.09
CaO	0.76	0.72	0.29	0.58	0.68
Na ₂ O	3.12	4.09	4.44	3.65	4.20
K ₂ O	5.42	2.83	4.78	4.65	5.24
P ₂ O ₅	0.15	0.16	0.49	0.02	0.00
CO ₂	0.03	0.06	0.11	0.05	0.03
H ₂ O*	0.88	0.67	0.46	0.36	0.22
F ₂	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02
-O=F ₂	0.01	0.02	0.01	-	0.01
total	100.07	99.57	100.11	100.08	100.85
A/CNK **	1.16	1.29	1.18	1.02	1.12
A/NK **	1.31	1.46	1.23	1.02	1.12

4. GRANITICKÉ PEGMATITY

Pro granitické pegmatity existuje mnoho různých definicí, které více či méně ukazují na texturní, mineralogické a geochemické prvky pegmatitů.

Jako granitické pegmatity označujeme magmatické horniny (všechny nebo téměř všechny minerály pegmatitů vznikly utužením 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). (Novák M., 2005).

Většina pegmatitů má granitický charakter. Jejich celkové složení je hodně blízké granitu. London tvrdí, že model založený na vysoké viskozitě formujícího media (super chladná silikátová tekutina, gel nebo sklo) vysvětluje, proč jsou granitické pegmatity daleko více běžné než ostatní základního nebo alkalického

složení. Vyšší viskozita granitického likvidu brání důležitému rozšíření jádrových krystalům, jako důkaz dlouhé inkubace před prudkým začátkem krystalizace v silikátových taveninách. Vyšší viskozita těchto granitických likvidů také zabraňuje reinkorporaci vyřazených prvků zpět do taveniny a tak vytváří pravděpodobnější hraniční vrstvu formace. Když krystalizace začne, granitické taveniny mají sklon být pod teplotou jejich likvidu a vlivem toho vznikají pegmatity. Tavidla jsou důležitá v celém procesu a jejich větší množství může být koncentrováno právě v hraničních vrstvách. Téměř celé 20. století, geologové srovnávali magmatické složení pegmatitů s jejich zřejmými nízkými teplotami vzniku. Tvrdí, že neobvyklé složky hrají hlavní roli ve snižování teplot tavení pegmatitů. Tyto složky jsou označeny jako fluxační – tavitelné složky. Patří k nim voda, B, F a P. Tavidla snižují jak teplotu tání, tak krystalizaci a zlepšují i mísitelnost mezi ostatními méně rozpustnými složkami. V limitovaném rozsahu, zvyšující se koncentrace těchto tavitelných komponent vede k potlačení nukleace křemene a především živce.

4.1 Klasifikace granitických pegmatitů podle geologického prostředí

V současné době bývá nejvíce využívána klasifikace granitických pegmatitů od autora Černého. Granitické pegmatity můžeme rozdělit do pěti tříd, podle geologického prostředí, ve kterém vznikají jejich hostitelské horniny (PT podmínky okolních hornin). Jsou to pegmatity abysální, muskovitové, muskovitové – vzácných prvků, vzácných prvků a mikrolitické. Novákem byla vyčleněna nová skupina pegmatitů – skupina subabysální (tabulka 2) a u skupiny vzácných prvků stejný autor zařadil nový typ (jedná se o primitivní typ) a subtyp (tabulka 3).

Tabulka 2. Klasifikace granitických pegmatitů (Černý 1991) a zařazení nové skupiny a subtypů – skupina subabysální. (Novák M. 2005).

Třída/class	Subtyp/subtype	Typické minerály/typical minerals
Abysální	dumortieritový	dumortierit, turmalín (olenit, skoryl), muskovit
skupina subabysální	cordieritový	cordierit, turmalín (dravit, skoryl), biofit
	turmalínový	turmalín (dravit, skoryl), Apatit, cordierit
	andalusitový	andalusit, apatit, turmalín
Muskovitová		muskovit
Muskovitová vzácných prvků		muskovit, beryl, spodumen
Vzácných prvků	viz. Tab. 3	viz. Tab. 3
Miarolitická		

11100
1. 1. 2014

Tabulka 3. Klasifikace granitických pegmatitů třídy vzácných prvků (Černý 1991, pegmatity členěny podle Wise 1999) a zařazení nového typu a subtypů – primitivní typ.

* není znám z území České republiky.

2014

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

4.2 Klasifikace granitických pegmatitů Českého masívu podle Nováka

Musíme si uvědomit, že každý granitický pegmatit je v podstatě originální. Mají odlišné chemické, mineralogické i texturní složení, a proto některé pegmatity zařazené do třídy, typu nebo subtypu nejsou úplně jednoznačné a mohou při dalším studiu třídu, typ nebo subtyp změnit (Obrázek 3).

4.2.1 Abysální pegmatity

Vznik za vysokých teplot kolem 700 – 800 °C a ve velmi velkých hloubkách přesahujících přes 11 km. Vznikají při metamorfních pochodech, tj. při natavení metapelitických hornin, můžeme je také pojmenovat jako metamorfogenní. Nacházejí se v horninách ve vyšší amfibolitové až granulitové facii. Tyto horniny tvoří malé tělesa a většinou neobsahují dutiny. Jejich textura i mineralogické složení je

29

jednoduché a tělesa vzácně zonální. V Českém masívu jsou tyto pegmatity vzácné. Jsou to například dumortieritové pegmatity, které tvoří homogenní žilky o mocnosti 2 cm a délce několik metrů. Zonální stavba se projevuje hrubnutím zrn od kraje k centru (Černý, 1991). Obsahují křemen, oligoklas, K-živec, muskovit, dumortierit, Al-bohatý turmalín, granát, biotit, kyanit, sillimanit, staurolit, chryzo-beryl, apatit, grafit, arzenopyrit a mosazit. Tyto pegmatity se nacházejí v Běstvině, Spačice, Starkoš u Čáslavi a Věmyslice u Moravského Krumlova, dále pak okolí Kutné Hory. Dalšími pegmatity jsou turmalínové, ale ty se vyskytují v této skupině vzácně.

4.2.2 Subabysální pegmatity

Do této nově definované skupiny je zahrnována většina geochemicky primitivních pegmatitů, které vznikly anatexí, hlavně metapelitických hornin a krystalizovaly v menších hloubkách tedy i při nižších tlacích, než jsou u okolních hornin předpokládány pro pegmatity abysální třídy (Novák, 2005).

Jsou to například cordieritové pegmatity nacházející se na území moldanubika. Jsou to nepravidelná tělesa s čočkami a žilami několik cm až dm mocné, vyskytující se v migmatizovaných biotit-sillimanitových rulách. Mají dokonale vyvinutou zonálnost. Vyskytují se například v Horních Borech u Velkého Meziříčí, u Telče a v moldanubiku západních Čech. Dalšími subabysálními pegmatity jsou andalusitové. Typickým minerálem je křemen, K-živec, kyselý plagioklas, muskovit, někdy biotit a turmalín. Nacházejí se v oblasti Třebíče a Kaplice v jižních Čechách. Do této skupiny patří i turmalínové pegmatity, které jsou v této skupině nejběžnější. Není přesně známá hloubka vzniku, a proto ho nemůžeme přesně zařadit, jestli patří mezi pegmatity anatektického původu – metamorfogenního, nebo které jsou magmatické a patří do třídy vzácných prvků. Tato skupina obsahuje křemen, živec, muskovit, biotit, někdy turmalín, apatit, granát, cordierit, andalusit, pyrit, rutil, ilmenit. Zonálnost je jednoduchá. Vyskytují se v oblasti moldanubika například Věžná, Věmyslice a v oblasti saxothuringika v okolí Unčína a Chlumce a také v oblasti Horního Slavkova.

4.2.3 Muskovitické pegmatity

Vznikají při teplotách 580 – 650 °C a v hloubce mezi 7 – 11 km. Často bývají zdrojem živců, popř. muskovitu a proto mohou být označovány i jako „keramické“. Můžeme je nalézt v horninách amfibolitové facie (převážně ruly a svory často s kyanitem), kde vznikaly za vyšších tlaků metamorfózy. Často tvoří obrovská tělesa. Dutiny obsahují výjimečně. Vztah/mateřským granitoidům je nejasný. Co se týče textury a mineralogie, jsou tyto horniny komplikovanější než abysální pegmatity a dosahují velkých rozměrů. V České republice se tyto pegmatity objevují vzácně. Obsahují hojně muskovit, turmalín, místy granát, akcesorický apatit, biotit, vzácně beryl, tantalový rutil, ferrotapiolit a uranmikrolit. Nachází se

v oblasti Orlíku (horniny postihla metamorfóza typu Barow), u Videl pod Pradědem a ve svrateckém a kutnohorském krystaliniku.

4.2.4 Pegmatity muskovitové vzácných prvků

Jedná se o pegmatity, které jsou jedny z nejlépe prozkoumaných v České republice. Tyto pegmatity obsahují vysoký podíl muskovitu, dále pak křemene, živce, biotit, apatit, granát, vzácně zirkon, pyrit, turmalín, primární i sekundární fosfáty. Reprezentativní lokalitou je Kříženec u Mariánských Lázní, Hostičkov, Zhořec, Křepkovice, Beroun, Nezdice, Boněnov u Michalových Hor, Otov, tepelsko – barrandienské oblasti (Poběžovice, Domažlice, Český Les).

4.2.5 Pegmatity vzácných prvků

Vznikají během teplot 550 až 650 °C v hloubkách 3,5 – 7 km. Můžeme je nalézt v okolí intruzivních těles. Tyto pegmatity se většinou vyskytují v metamorfních horninách amfibolitové facie až facie zelených břidlic za nižších tlaků než muskovitové pegmatity. Může tvořit malá i velká tělesa (mocnost kolem 100 m, délka až 2 km) často s komplikovanou vnitřní stavbou. Obsahují dutiny, které bývají časté. Pegmatity vzácných prvků pronikají okolními horninami nesouhlasně, ale vzácně mohou pronikat souhlasně, nebo se vyskytují přímo v mateřských granitoidech, vztah k těmto mateřským granitoidům však může být nejasný. Tyto pegmatity jsou mineralogicky/geochemicky velmi pestré:

a) *primitivní pegmatity* – tento typ pegmatitů je nově vyčleněn Novákem, protože neodpovídá žádnému typu a subtypu využívaných klasifikací (Černý, 1991). Jsou to například turmalínové pegmatity (výskyt: v oblasti Písku, Borů, Lavičky u Velkého Meziříčí, u Bechyně...), andalusitové pegmatity (Písecko, Dolní Bory, u Humpolce, Myslibor u Telče), fosfátové pegmatity (Cyrilov, Horní a Dolní Bory, Písecko, Českobudějovicko...).

b) *pegmatity vzácných zemin* – V České republice se vyskytují často a na mnoha místech, ale doposud jim byla věnována malá pozornost. Do této skupiny patří Allanitové pegmatity (středočeský batolit, železnohorský batolit, žulovský batolit, třebečský pluton, vzácně brněnský batolit), Euxenitové pegmatity (oblast třebečského masivu, okolí Běchovic a Chlumku), Gadolinitové pegmatity (okolí Žulové, okolí Kovářova u Milevska).

c) *berylové pegmatity* – V tomto pegmatitu se nachází velké množství berylu, ale jelikož je beryl nenápadný minerál, vyskytuje se na území České republiky určitě ve větším množství, než je doposud známo. Dělí se na dva subtypy Beryl-columbitové pegmatity (Branná, Loučná, okolí Maršíkova, Šumperk, okolí Žďáru nad Sázavou, okolí Českého Krumlova, Českobudějovicko, Písecko) a Beryl-columbit-fosfátové pegmatity (Kynžvart u Mariánských Lázní, oblast Poběžovice – Domažlice).

d) *Komplexní (Li) pegmatity* – nachází se převážně v moldanubiku, můžeme se s ním setkat i v saxothuringiku, ale zcela chybí v sileziku. Dělí se do třech subtypů: Lepidolitové pegmatity (Rožná, Dobrá Voda, Laštovičky, Dolní Bory, oblast Jihlavy), Petalitové pegmatity (Nová Ves u Českého Krumlova), Elbaitové pegmatity (Řečice, Dolní Rožínka, oblast u Nového Města na Moravě, Vlastějovice nad Sázavou, Černá v Pošumaví, okolí Sušice).

4.2.6 *Miarolitické pegmatity*

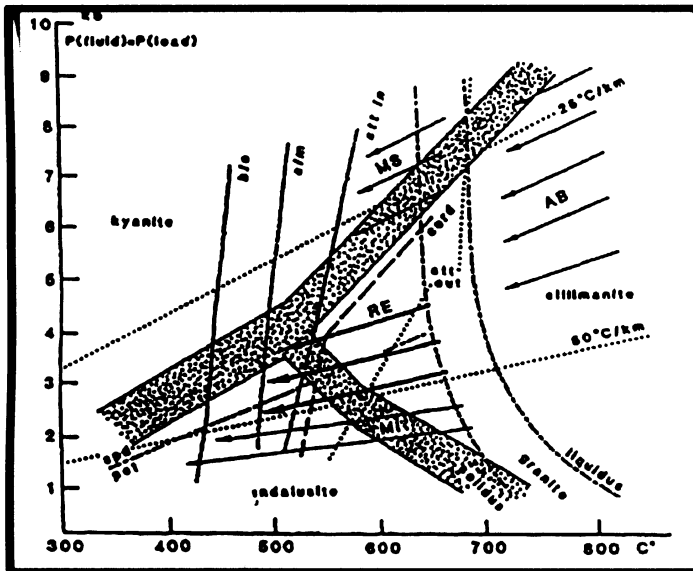
Které vznikají při teplotách 550 – 650 °C a v hloubkách 1,5 – 3 km, kde ve svrchních částech mělkých intruzí tvoří většinou hnízda. Pro tyto pegmatity může být typická přítomnost primárních dutin (sekundární dutiny vzniklé například rozpouštěním berylu nebo jiných minerálů se neuvažují). Jejich textura je jednodušší než u pegmatitů vzácných prvků. Mikrolitické pegmatity se vyskytují přímo v mateřských granitoidech, nebo v jejich blízkosti. Pro tyto horniny jsou typické minerály jako je K-živce, albit, křemen, muskovit, Li-slídy, beryl, topaz, granát, turmalín, fluorit, zeolit a chlorit. Pro zařazení do této třídy jsou nejdůležitějšími faktory výskyt mnoha primárních dutin, úzký prostorový a geochemický vztah k mateřské hornině a nízký tlak, při kterém vznikají. Dělí se na pegmatity vzácné na I-typové granity (liberecký pluton, žulovský batolit, durbachitový masiv) a pegmatity vzácné na S-typové granity (moldanubický batolit, říčanský pluton a část saxothuringika)

4.2.7 *Exotické pegmatity*

Pegmatity tohoto typu se na území České republiky vyskytují velmi ojediněle a vzácně. Jejich minerální a chemické složení je zcela odlišné od typů, které jsou klasifikované. Mají zvláštní vnitřní stavbu. Dělí se na primitivní a frakcionované pegmatity.

a) *Primitivní pegmatity* – obsahují živce, křemen slídy, vzácně akcesorické minerály. Jsou to záhnědové pegmatity – moldanubikum (oblast velkého Meziříčí, Žďár nad Sázavou, Nové Město na Moravě), pegmatity v Markvarticích u Třebíče – moldanubikum, Vlastějovice nad Sázavou – moldanubikum, Hraničná u Javorníka – lugikum, Ruda nad Moravou u Šumperka – lugikum, Velká Kraš u Vidnavy – lugikum, Stavení u Moravského Krumlova – brunovistulikum.

b) *Frakcionované pegmatity* – mají vysoký stupeň frakcionace, ale jsou odlišné od ostatních frakcionovaných pegmatitů, které jsou řazeny v klasifikaci. Vyskytují se: Drahonín u Tišnova – moldanubikum, Hamry nad Sázavou u Žďáru nad Sázavou – moldanubikum, Příbyslavice u Čáslavi – moldanubikum, Zárubnice u Třebíče – moldanubikum, Kracovice u Třebíče – moldanubikum, Příbram – bohemikum, Podlesí u Horní Blatné – saxothuringikum, Verněřov u Aše – saxothuringikum.



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

4.3 Petrogenetická klasifikace pegmatitů

Černý klasifikoval pegmatity třídy vzácných prvků a třídy miarolitické v závislosti na chemismu mateřské granitické horniny do třech genetických skupin: LCT, NYF a smíšený typ (tabulka 4).

Pro skupinu LCT jsou typickými prvky – Li, Rb, Cs, Be, Sn, Zr, Hf, W, Ga, Ta > Nb, F, B, P. V této skupině se objevuje lepidolit, spodumen, petalit, amblygonit-montebrazit, polucit, columbit-tantalit a peraluminické minerály (andalusit, cordierit, turmalín). U této skupiny mateřský granit často neznáme, ale díky mineralogickému složení a možného vztahu pegmatitů k S-typovým granitům do LCT rodiny můžeme zařadit všechny berylové pegmatity a komplexní pegmatity v moldanubiku, saxothuringiku a sileziku.

Pro skupiny NYF jsou typickými prvky – Nb > Ta, Ti, Be, Y, Sc, REE, Zr, U, Th, F. U těchto pegmatitů je velmi často znám mateřský granit, proto zařazení do skupin je většinou bezproblémové. Patří sem pegmatity vzácných zemin i miarolitické pegmatity vázané na I-typové granity.

Ve skupině smíšených typů se pegmatity vyskytují v rulách v těsné blízkosti I-typových durbachitových plutonů. V této skupině jsou přítomny REE-minerály a minerály typické pro LCT pegmatity.

Tabulka 4. Přehled pegmatitů vzácných prvků a miarolitické třídy Českého masivu (klasifikace upravena podle Černý 1991, Wise 1999).

Typ/type	Subtyp/subtype	Typické příklady/typical examples
NYF skupina/family		
vzácných zemin	allanitový	Chlumek, Babice, Ruprechtice, Žulevá, Brno
	euxenitový	Třebíč, Kožichovice, Pozdítka, Vladislav, Klučov, Božkovice
	gadolinitový	Vepice
LCT skupina/family		
xerlyty	beryl-columbitový	Písek, Údava, Věžná, Drahonín I, Zvěř nad Sázavou, Kovářská, Kosečín, Vyšší, Rudolfov, Třebíže, Písaň, Chrástany, Budislav, Moršíkov, Šumperk, Braná
	beryl-columbit-fosfátový	Kynžvart u Mariánských Lázní
complex (Li)	petalitový	Nova Ves u Českého Krumlova
	lepidolitový	Rožná, Dobrá Voda, Dolní Bory, Lahovičky, Drahonín II, Radkovice, Sedlatice, Krasovice, Ječlov I, Puklice, Paasá Lhota, Chvalovice, Sušice I
	elbaitový	Řečice, Pkarec, Dolní Rožinka, Biscupice, Komárovice, Ječlov I, Mlýstějovice Bláž, Černá, Písek, Sušice III.
Mixed skupina/family		
		Kracovice, Drahonín III a IV

5. VÝSKYT PEGMATITŮ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

V České republice se pegmatity nacházejí poměrně hojně. Regionální rozšíření jednotlivých typů granitických pegmatitů v Českém masívu:

Český masív je součástí hercynské orogenní zóny. Tato oblast je složena z několika mikrokontinentů, které spolu kolidovaly během paleozoika. Dělí se na základní regionální jednotky, které se mohou, ale i nemusí uplatňovat na území České republiky. Je to oblast moldanubická (moldanubikum), oblast tepelsko-barrandienská nebo středočeská (bohémikum), oblast sasko-durynská (saxothuringikum, oblast západosudetská (lugikum), oblast moravsko-slezská (silesikum, brunovistulikum a moravikum; tabulka 5, Novák 2005.)

Tabulka 5. Shrnutí informací o granitických pegmatitech v jednotlivých oblastech Českého masivu (Novák 2005).

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	Hojně/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	Hojně/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- SLÉZSKÁ 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

5.1 Moldanubická oblast (moldanubikum)

Tato oblast je nejbohatší na granitické pegmatity. Je do ní zahrnuto i kutnohorské a svratecké krystalinikum. Nachází se zde abysální pegmatity bohaté na Al na severovýchodním okraji moldanubika, subabysální pegmatity v oblasti intenzivní migmatizace. Dále se zde hojně nacházejí pegmatity vzácných prvků, pegmatity vzácných zemin, které leží v místech výskytu durbachitů, komplexní (Li) pegmatity. Pegmatity LCT převažují nad NYF, ale i ty jsou hojné. Smíšený typ se objevuje velmi vzácně. Jsou zde přítomny i petality (například Nová Ves u Českého Krumlova a Chvalovice – jižní Čechy). V Moldanubické oblasti jsou místa, kde jsou pegmatity hojně nahromaděné/a také místa, která jsou relativně chudá. Objevuje se zde oblast tzv. strážecké moldanubikum, kde jednotlivé, geochemicky odlišné typy a subtypy pegmatitů obsahují dutiny s velkými krystaly minerálů. Moldanubikum přesahuje i přes hranice do Rakouska, Německa a z malé části i do Polska.

5.2 Tepelsko-barrandienská oblast (bohemikum)

V bohemiku se vyskytují pegmatity méně. Můžeme je nalézt na okrajích této oblasti, na přechodu bohemika a moldanubika (Domažlice – Poběžovice) a na přechodu bohemika a saxothuringika (okolí Teplé). V této oblasti jsou také pegmatity odvozené od variských batolitů například pegmatity železnohorského batolitu (Budislav) a pegmatity středočeského batolitu (Příbram). V západním a jihozápadním bohemiku leží pegmatity patřící do přechodné třídy muskovitové-vzácných prvků (tepelská oblast a oblast Poběžovice – Domažlice).

5.3 Saxo-durynská oblast (saxothuringikum)

V této oblasti jsou pegmatity texturně i mineralogicky proměnlivé. Do saxothuringika patří některé pegmatity, tzv. stockscheidery na okrajích granitických intruzí (Krupka, Horní Slavkov), pegmatity s turmalínem a granátem (Unčín), exotické pegmatity bohaté Li, F a P (Podlesí). Nachází se zde pouze LCT pegmatity.

5.4 Západosudetská oblast (lugikum)

Tato oblast je na pegmatity velmi chudá. Nachází se zde miarolitické pegmatity v libereckém plutonu a v žulovském batolitu, pegmatity vzácných zemin v žulovském batolitu. V lugiku leží pouze NYF pegmatit. V oblasti ve staroměstském krystaliniku můžeme vzácně najít pegmatity s amazonitem (Ruda nad Moravou, Hraničná).

5.5 Moravskoslezská oblast (silesikum, brunovistulikum a moravikum)

Silesikum – se objevují dva druhy pegmatitů. Jedním z nich je prevariský z oblasti Hrubého Jeseníku, který obsahuje hojně turmalín, méně pak granát, beryl, Nb, Ta – oxidy. Dalším druhem je pegmatit variský také z oblasti Hrubého Jeseníku, který je bohatý na beryl – columbitový subtyp třídy vzácných prvků (Šumava, Branná). V oblasti silesika se nacházejí LCT pegmatity, NYF chybí.

Brunovistulikum – do této oblasti patří pegmatity brněnského a dyjského batolit. Jsou to pegmatity vázané na mateřské granitické horniny, ojediněle obsahují granát, magnetit, turmalín, cordierit (Krčmaň u Olomouce), akcesorie aplanátu (oblast Brna).

Moravikum – v této oblasti jsou pegmatity vzácné, obsahují hlavně turmalín (dravit, skoryl). Dále se zde nacházejí komplexní pegmatity, které jsou více metamorfované (českokrumlovsko a vrátěnínsko).

6. GRANITICKÉ PEGMATITY V JIŽNÍCH ČECHÁCH

Podloží v jižních Čechách tvoří krystalinikum moldanubika, vyznačující se velkým bohatstvím pegmatitů. Skoro na celém území jižních Čech se pegmatity vyskytují hojně, jsou pevnější než okolní horniny, a proto vyvětrané úlomky najdeme snad na každém poli.

Jedny z nejlepších jihočeských krystalů pegmatitů se vyskytují v píseckém kraji. Tyto pegmatity se na konci 19. století těžily jako zdroj živce. Nepravidelná čočkovitá tělesa tvoří mnoho krásných mineralogických ukázek berylu, niobového rutilu, columbitu, monazitu, xenotimu, akvamarínu a heliodoru (odráda berylu), černého turmalínu skorylu, růženínu, apatitu a také radioaktivního nerostu písekity, který dostal název podle svého naleziště (město Písek); bývá často zarostlý v mikroklinu nebo ortoklasu, v černém turmalínu nebo berylu. Jeho barva je žlutozelená, tmavohnědá až černá. Písek byl zatím objeven jen v České republice.

Bohatou pegmatitovou lokalitou na Písecku je Kraví hora (609 m), která tvoří tři lomy. Jeden z nich je zatopený jámový lom $25 \times 15 \times 30$ m, původně zde byl získáván šterk na opravu lesních cest, později zde byla získávána živcová surovina. Těžba byla zahájena r. 1883 a ukončena r. 1897. Poté byla obnovena v období 1925 – 1926. Haldy byly zpracovány na silniční šterk a dnes je zde historické podzemí po těžbě živce.

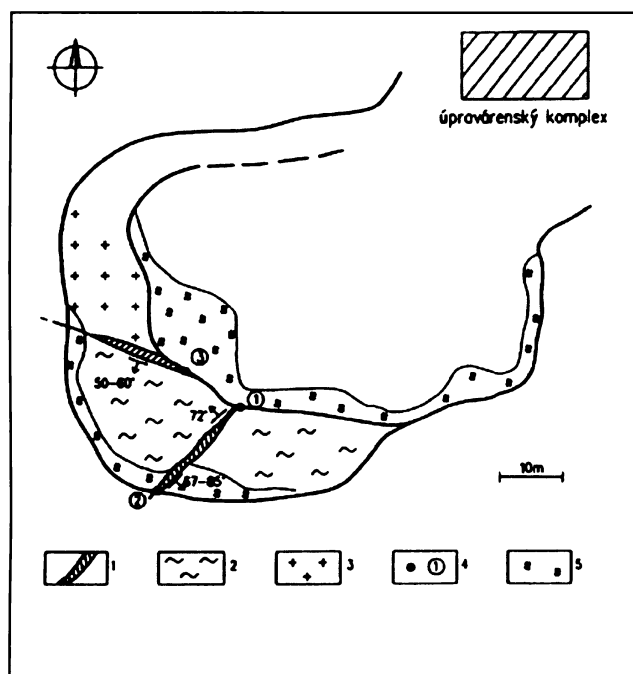
Další lokalitou na Písecku je lom Ptáčkova, kde se nachází nazelenalý K-živec, namodralý lištovitý albit, krystaly černého skorylu, turmalín v asociaci s topazem, čistý adulár, dále se zde vyskytuje albit (známý na lokalitě Ptáčkova jako amazonit) s šachovnicovitou strukturou, který vznikl nízkoteplotním zatlačením K-živce.

Další lokalita - lom Stará ozvěna u Nového rybníka v oblasti Písku má rovněž historické podzemí. Pegmatity obsahují čisté živce, turmalín (skoryl – dravitové řady). Jejich těžba byla zastavena r. 1892, zůstala tam nevytěžená zásoba čistého živce. (Novák V., 2000, 2002).

U Českých Budějovic můžeme pozorovat pegmatitovou žílu z lomu u Rudolfova, kde se nalézají velké drúzy živců s krystaly záhněd a berylu. V tomto lomu se vyskytují pegmatity s krásnou názornou ukázkou písmentového pegmatitu, kde tmavý křemen je zarostlý v živci a vytváří na štěpných plochách dojem hieroglyfů.

Další lokalitou jsou Slavětice u Týna nad Vltavou. Slavětický lom se nachází asi 5 km od Týna nad Vltavou (obr. 4). Probíhá v něm z jedné strany těžba kamene, který je pak na místě drcen na několik zrnitostních frakcí. Z druhé strany mírně zarůstá vegetací. Pegmatity v této lokalitě se jeví jako jednoduché, ve kterých se lokálně uplatnila albitová metasomatóza. Horniny o větší mocnosti (40 cm a více) jsou jasně diferencované. K jejich minerálům patří K-živec, křemen, biotit, dravit, almandin – spesartin a fluorapatit. Dále se pak tvoří minerály v turmalinickém pegmatitu, který obsahuje albit, muskovit, deficit, almandin – spesartin, fluorapatit, dravit a pyrit. Tyto pegmatity tvoří strmě uložená

deskovitá tělesa o mocnosti max. 1 m. Místní pegmatity jsou svojí mineralogií a strukturou podobné žilným muskovit – turmalinickým žulám, které se v této lokalitě nacházejí (Welser, 2002).



Obr. 4 – Situační schéma slavětického lomu s lokalizací výchozích pegmatitů.

Legenda: 1 – pegmatitové žíly, 2 – leukokratický migmatit, 3 – biotitická žuloruda, 4 – výchozy pegmatitů, 5 – sutě - bloky hornin po odstřelu (Welser, 2002).

Lokalita Nákří u Zlivě – nachází se zde lom Vazová, kde můžeme spatřit tělesa pegmatitů i tělesa příbuzných žilných granitoidů. Nalézají se zde granitické jednotky s biotickým, písmenkovým a turmalinickým pegmatitem. Tělesa, která jsou více mocná, obsahují blokovou zónu K-živce a křemene, lokálně s dutinovým vývojem, dále pak turmalín. Tato lokalita (okolí Nákří) je nadějnou oblastí pro výskyt nových pegmatitových těles. (Welser, 2003).

V jižních Čechách můžeme najít několik nalezišť pegmatitů s barevným turmalínem. Jedna z největších a nejznámějších lokalit je Nová Ves v Křemžské kotlině. Nalezneme zde žílu obyčejného pegmatitu, která je dlouhá přes sto metrů, a která obsahuje čočkovité těleso o délce asi jen 5 metrů tzv. lithného pegmatitu s petolitem, cleavelanditem, pollucitem, lepidolitem a dalšími nerosty. Barevné turmalíny tvoří sloupečky sytě růžového rubelitu, které jsou téměř průhledné. Některé úlomky lithného pegmatitu obsahují jehličky tmavě zeleného verdelitu. Běžně se zde objevuje pegmatit, ve kterém můžeme vidět turmalín, který obsahuje zelené jádro. Lokalita se nachází v chráněné krajinné oblasti a není přístupná pro sběr.

Další lokality s podobným nerostným složením, které byly odkryty, můžeme vidět u Chvalovic, na Prachaticku, povrchové nálezy vzorků u Dolního Třebonína, Řípce u Soběslavi...

Lokalita Myšenec u Protivína je oblast, kde můžeme pozorovat turmalín, který vytváří vějířovité agregáty krystalů, kdysi až metrové vějíře skorylu s růžovým křemenem růženínem. Lokalita je chráněná.

Některé jihočeské pegmatity mohou obsahovat andalusit, jako například lokalita Kloub u Protivína, která je už dnes zaniklá, nebo se mohou objevovat i na Trhovošvinensku, kde můžeme v pegmatitu vidět včetně andalusitu i beryl a safir (Novák V, 2000).

Další jihočeskou oblastí, kde byla nalezena pegmatitová žíla jsou Čepřovice východně od Volyně. Žíla je složena hlavně z živců, méně pak z křemene a světlé slídy (muskovitu), obsahuje také černý turmalín (skoryl). Dříve se zde těžil živec pro keramické účely. V dnešní době se už na tomto místě netěží, kvůli malým zásobám surovin a jejich horší kvalitě (Chábera, 1982).

7. INKLUZE V PEGMATITECH

Inkluze reprezentují část krystalu, která z hlediska látkového neodpovídá jeho zákonité struktuře, je během růstu či rekrystalizace krystalu hermeticky izolována a vytváří s ním fázovou hranici.

Podle složení lze inkluze rozdělit na pevné (solid inclusions) a plynokapalné (fluid inclusions). Jako další samostatnou skupinu někteří autoři vyčleňují inkluze tavenin (melt inclusions), které jsou zachyceny (uzavřeny v krystalu) ve stavu kapalném (tavenina), ale za normální teploty se s nimi setkáváme ve stavu pevném (vykrystalizovaná tavenina nebo sklo; Zachariáš, 2000).

Studium inkluzí v pegmatitech je často komplikováno přítomností mnoha typů inkluzí a obtížemi identifikovat primární inkluze, či přiřadit sekundární inkluze k určité etapě ve vývoji pegmatitů. Inkluze tavenin představují velmi významný zdroj informací o procesech blízkých vzniku pegmatitu. Tavenina v inkluzích, obvykle plně krystalizovaná v plutonickém prostředí, může svědčit o složení granitických magmat a fluidech v nich rozpuštěných. Nicméně, existence a zachování inkluzí tavenin v hluboce vmístěných granitech je obvykle ztíženo pomalým ochlazením doprovázeným reekvilibrací inkluzí tavenin v subsolidu a rovněž i vlivy metamorfózy u vícečetných inkluzí. Kromě toho, rekrystalizaci obsahu inkluzí je často obtížné rozpoznat.

Jako příklad toho, co může poskytnout studium inkluzí v granitických pegmatitech, uvádím výsledky získané z oblasti Harney Peak v Jižní Dakotě. Nabelek (2003) zde v pegmatitech i okolních granitech identifikoval celkem čtyři základní typy inkluzí:

Typ 1 inkluzí obsahuje fluida H_2O-CO_2 typu o nízké salinitě; typ 2 inkluzí představují vodné roztoky variabilní salinity (bez detekovatelné příměsi CO_2); typ 3 inkluzí jsou čistě plynné a dominuje v nich CO_2 (bez zjištěné vody) a typ 4 inkluzí tvoří z 20 – 100 % pevné fáze a zbývající objem vyplňuje CO_2-H_2O tekutina.

Mnoho inkluzí má sekundární charakter, primární charakter lze jednoznačně stanovit v několika výskytech typu 1 inkluzí. Tyto inkluze byly zachyceny za podmínek nad solidem a představují nejstarší magmatická

fluida. Sekundární populace typu 1, 2 a 3 inkluzí pravděpodobně vznikly v podmínkách subsolidu vlivem znovuoobnovení rovnováhy a nemísivosti typu 1 fluid. Typ 4 inkluzí se jeví jako primární, ale jejich původ a význam je nejasný. Nejspíše mohou představovat (re)krystalizované taveniny. Vyskytují se v pásmových turmalínech ve vlysech aplitového pegmatitu. Typ 4 inkluzí je také častý u křemene uvnitř pegmatitové zóny a dále v jádru křemene a spodumenu. Složení inkluzí tak ukazuje na kontinuální mísitelnost mezi vodou a složitými křemičitanovými taveninami.

8. UŽITÍ SUROVIN Z PEGMATITŮ

Pegmatit je velmi důležitou vyhledávanou horninou a zdrojem průmyslových minerálů se širokým využitím. Především u živců, které se pro svůj nízký bod tání používají jako tavivo do keramických směsí (na povrch porcelánu), sklářského kamene, glazur, smaltů a poslední dobou jako licí prášky v metalurgii. Také se užívá pro termoluminiscenční a optické datování v geologii a archeologii. Skoro 90 % živců je využíváno ve sklářském a keramickém průmyslu. Pro sběratelské a šperkařské účely se mohou těžit drahokamové odrůdy a sbírkové ukázky křemene. Ve šperkařství se získávají mikrokrystalické křemeny (jaspis, achát) a vysoce kvalitní čiré a nepopraskané záhnědy, křišťály, citríny a ametysty pro výrobu brusů. Křemen je hojně využíván pro své piezoelektrické vlastnosti jako oscilátor v elektronických zařízeních (v hodinkách a dalších přístrojích měřících čas). Dále se používá v laboratořích (křemenné sklo), ve sklářském průmyslu, v radiotechnice. Dalším důležitým minerálem je korund, který se používá díky své tvrdosti v brusírenství na brusné materiály a kotouče, protože je s ním možné brousit všechny minerály kromě diamantu. Dalším jeho použitím je pro výrobu ložisek v přístrojích (hodinky). Jeho syntetické krystaly (rubín) můžeme využívat v optických systémech a na výrobu laserů. Lepidolit, spodumen, amblygonit jsou nejznámějšími minerály, které obsahují lithium. Nachází se v lithných pegmatitech. Používá se jako přísada do slitin hořčíku a hliníku (jsou velmi lehké a zároveň mechanicky odolné), dále pak v keramice, perspektivní jsou lithiové baterie a akumulátory, využívá se také v zařízeních pohlcujících oxid uhličitý na ponorkách a kosmických lodích, v jaderné energetice a pro výrobu termojaderných bomb. Slídy se využívají v elektrotechnickém průmyslu. Ve šperkařství se ještě může uplatnit beryl, lithné slídy, uranové slídy, turmalín. Rada minerálů obsahuje vzácné prvky (Be, U, Th, Nb, Ta, Zr, Ti) (http://cs.wikipedia.org/wiki/Pegmatit#.C4.8Cesk.C3.A1_republika).

9. ZÁVĚR

Granitický pegmatit je hornina magmatická, jejichž celkové složení je podobné granitu. Minerální složení pegmatitu je velmi pestré, proto je důležitou vyhledávanou horninou, která je hojně využívána v průmyslu. Z pegmatitu se nejvíce získává živec, dále pak křemen, slídy, korund, lepidolit a spodumen, které obsahují lithium, turmalín, vzácné prvky. V dřívějších dobách byl u nás pegmatit intenzivně těžen, ale v nynější době je v mnoha lokalitách malá zásoba surovin, horší kvalita nebo lokalita je chráněna a v poslední řadě jsou pegmatity již vytěženy.

Podle mého názoru má pegmatit ještě velkou budoucnost. Věřím, že v budoucnu budou nalezeny a objeveny další lokality, z kterých se bude pegmatit těžit a surovina bude dále využívána pro užitečné účely.

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Berenard J.H a kol., 1981. *Mineralogie Československa*. Nakladatelství Československá akademie věd, Praha, str. 648 (113 obr.).

Černý P., 1991. *Rare-element Granitic Pegmatites. Part I: Anatomy and Internal Evolution of Pegmatite Deposits*. Geoscience Canada, Vol. 18, No. 2, pp. 49-67.

Černý P., 1991. *Rare-element Granitic Pegmatites. Part II: Regional to Global Environments and Petrogenesis*. Geoscience Canada, Vol. 18, No. 2, pp. 68-81.

Černý P., Masau M., Goad B.E., Ferreira K., 2004. *The Greer Lake leucogranite, Manitoba, and the origin of lepidolite – subtype granitic pegmatites*. Elsevier Press, USA, Lithos 80, pp. 305 – 321.

Holub F.V., 2002. *Obecná a magmatická petrologie*. Vydala Univerzita Karlova. Nakladatelství Karolinum, Praha, str. 214.

Chábera S., 1982. *Geologické zajímavosti jižních Čech*. Jihočeské nakladatelství České Budějovice, České Budějovice, str. 157.

Kužvart M. a kol., 1992. *Ložiska nerudných surovin ČR II*. Vydala Karlova univerzita, vydavatelství Karolinum společně s nakladatelstvím a vydavatelstvím JP, Praha, str. 631.

London D., 2004. *Granitic pegmatites: an assessment of current concepts and directions for the future*. Elsevier Press, USA, Lithia 80, pp. 281 – 303.

Nabelek P.I., Sirbescu M-L.C., 2003. *Crystallization conditions and evolution of magmatic fluids in the Harney Peak Granite and associated pegmatites, Blaf Hilus, South Dakota – Evidence from fluid inclusions*. Geochimica et Cosmochimica Acta, Pergamon Press, Vol. 67, No. 13, pp. 2443 – 2465.

Nabelek P.I., Sirbescu M-L.C., 2003. *Crustal melts below 400°C*. Geological Society of America, Permissions Press, Vol. 31, No8, pp. 685 – 688.

Novák M., 2005. *Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika), mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam*. Acta Mus. Moravice, Sci. Geol., str. 3 – 74.

Novák V., 2002. *Topografická mineralogie jižních Čech*. Nakladatelství JELMO, České Budějovice, str. 220 – 223.

Novák V., 2000. *Pegmatity mají podobné složení jako žula*. Mladá fronta Dnes, rubrika: Pro volný čas – jižní Čechy. Vydavatelství MAFRA a.s. pro jižní Čechy, str. 4.

Novák V., 2000. *V jižních Čechách je několik nalezišť barevných turmalínů*. Mladá fronta Dnes, rubrika: Pro volný čas – jižní Čechy. Vydavatelství MAFRA a.s. pro jižní Čechy, str. 4.

Pegmatity. Dostupné na : http://blog.beztecky.com/wiki/images/6/6a/04_pegm.pdf (5.8.2009 21:30)

Pegmatity. Dostupné na : http://cs.wikipedia.org/wiki/Pegmatit#.C4.8Cesk.C3.A1_republika (7.6. 2009 8:45).

Pegmatit. Poznávání hornin, dostupné na:
<http://petrol.sci.muni.cz/poznavanihornin/magmatity/pegmatit.htm> (8.8.2009 23:15)

Petránek J., 1993. *Malá encyklopedie geologie*. Nakladatelství JIH České Budějovice, České Budějovice, str. 246.

Putirka K.D., Teple III F.J., 2008. *Minerals, Inclusions and Volcanic Processes* (Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Volume 69). The mineralogical society of America, pp. 674.

Suk M., 1983. *Petrology of metamorphic rocks*. Nakladatelství ČSAV, Praha, pp. 324 (103 obr.).

Welser P., 2003. *Mineralogie a petrografie pegmatitů od Nákří u Zlivy*. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy, roč. 43, str. 5 – 10.

Welser P., 2002. *Mineralogie a petrografie pegmatitů od Slavětic u Týna nad Vltavou*. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy, roč. 42, str. 17 – 24.

Zachariáš J., 2000. *Úvod do studia plynokapalných inkluzí*. Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, Univerzita Karlova, PŘF., Praha, str. 44.

Zimák J., 2005. *Ložiska nerostných surovin část. 1*. Katedra geologie PŘF. UP, Olomouc, str. 30.