

7 Vlastějovice

7.1 Úvod

Na lokalitě Vlastějovice byly zkoumány pegmatity prorážející těleso železnorudného skarnu. Již z počátku bylo jasné, že pegmatitová tělesa nenesou průmyslově významné thoriové zrudnění, což potvrdily i výsledky dalších prací. Terénní gama spektrometrií i laboratorně byly zkoumány obsahy thoria a dalších prvků v pegmatitu, jádrem výzkumu však bylo studium Th-REE fází vznikajících alterací allanitu a studium srůstů fosfátů skupiny rabdofanu se syngenetickými fylosilikáty.



7.2 Geologická pozice lokality

Těleso železnorudného skarnu se nachází v pestré sérii severní části moldanubní kry. Jeho výchoz leží na Holém vrchu u obce Vlastějovice mezi Zručí a Ledčí nad Sázavou. Historicky zde byly těženy magnetitové železné rudy, dnes je čoučka skarnu Holého vrchu otevřena jámovým lomem a těžena na drcené kamenivo. Skarnová budina je na úrovni lomu zastřižena v délce okolo 500 m, při šířce 200 až 300 m.

Geologickými poměry tohoto tělesa se zabývala řada autorů. Nově zpracováno (včetně podrobné geologické mapy) je v práci Potužáka (1996). Podle interpretace minerálních geotermobarometrů a izotopů kyslíku několika jiných, geneticky obdobných těles je původ pravděpodobně sedimentárně – exhalací, těleso prodělalo HP/HT metamorfózu >14 kb/800°C následovanou retrogresí v amfibolitové facii (Pertold et al. 1997).

Vlastní skarnové těleso je tvořeno pyroxenickým, granát – pyroxenickým, epidotickým a amfibolickým typem skarnu obklopeným gřfolskou ortorulou s hybridní horninou vyvinutou na kontaktu obou horninových typů (Potužák 1996). Podrobným mineralogickým popisem vlastějovických pegmatitů prorážejících skarnové těleso se zabýval Vavříň (1960).

7.3 Provedené práce

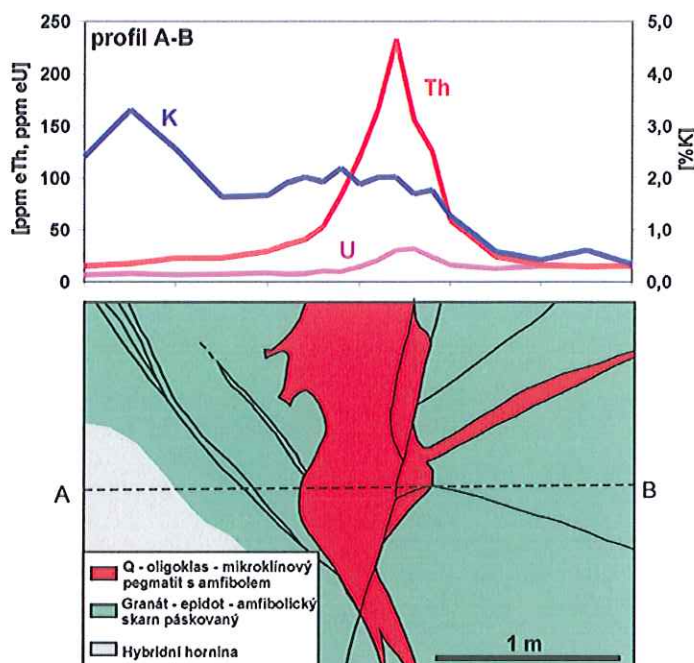
7.3.1 Terénní gama spektrometrie

Pro zjištění distribuce radioaktivních prvků v pegmatitech a hostitelských horninách byla aplikována terénní gama spektrometrie. Dvěma gama spektrometrickými profily na 5. etáži lomu byly stanoveny koncentrace K, U, Th dvou různých typů pegmatitových žil. Dále byly stanoveny koncentrace radioaktivních prvků v podložní a nadložní ortorule, skarnovém tělese a v hybridní hornině vyvinuté na kontaktu skarn/ortorula.

Měření byla provedena terénním gama spektrometrem DISA 400A na profilech přes dvě vybrané pegmatitové žíly vedených lomovou stěnou 5. etáže v severní a jižní stěně (profily č. 1 a 2). Krok na profilu byl volen 0,25 metru, načítací čas 2 minuty, během měření byl detektor přístroje přiložen k lomové stěně. Obě proměřená místa byla geologicky dokumentována. Dokumentovaný detail severní lomové stěny 5. etáže s výsledky terénního gama spektrometrického stanovení (profil č. 1) ukazuje obr. 7.1.

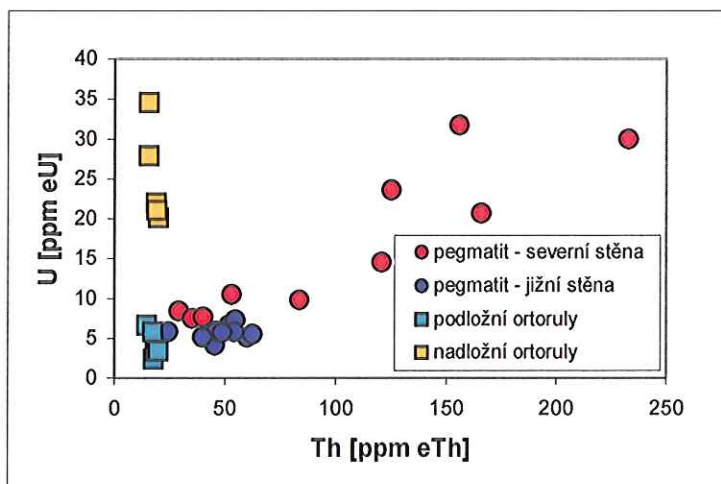
V popsané konfiguraci měření nebyla dodržena 2π geometrie, na níž je přístroj cejchován. V případě kdy je prostorový úhel $> 2\pi$ lze očekávat nadhodnocení měřených koncentrací u okolní horniny (Vaňková et al. 1991). Naopak v případě měření na málo mocných pegmatitových žilách lze očekávat podhodnocení koncentrací. Z tohoto důvodu byly odebrány vzorky některých měřených hornin a koncentrace byly pro porovnání naměřeny laboratorní gama spektrometrií. Srovnáním souboru terénních stanovení a laboratorně naměřené koncentrace pro podložní ortoruly vyplývá nejvyšší nadhodnocení pro draslík (+ 21 %), méně již pro uran (+ 15 %) a thorium (+ 7 %).

Nejnižší koncentrace byly naměřeny podle očekávání ve skarnových horninách (bloky skarnu uprostřed 4. etáže, průměr dvou hodnot): 0,75 % K, 3,6 ppm eU, 3,7 ppm eTh. Vyšší koncentrace byly naměřeny v případě hybridní horniny uprostřed 4. etáže (průměr dvou



Obrázek 7.1: Schématická geologická dokumentace pegmatitové žíly prorážející vlastějovické skarnové těleso a naměřený gama spektrometrický profil č.1.

ortoruly nedopatřením vzorkována makroskopicky shodná hornina s obsahy pouze 4,4 ppm eU (Ra) a 7,8 ppm Th (anal. list.č. 2, vzorek „U-ortorula“). Tyto indicie hovoří o silném přerozdělení radioaktivních prvků mezi skarnem a ortorulou během intenzivních metasomatických procesů. Jejich hodnocení je však již mimo rámec této práce.



Obrázek 7.2: Obsahy uranu a thoria stanovené terénní gama spektrometrií v ortorulách a pegmatitech souvisejících se skarnovým tělesem ve Vlastějovicích.

7.3.2 Odběr vzorků

Klíčovým problémem pro přesnou lokalizaci vzorků je poměrně rychlý postup lomové porubní stěny. Odběr vzorků má tak spíše charakter záchranného sběru před odtěžením aktuálně nalomené partie. Všechny vzorky byly odebrány na úrovni 5. etáže lomu.

Vzorek VL1 je homogenizovaný materiál většího počtu malých kusů (cca 3 kg) mikroklinového málo kontaminovaného allanitového pegmatitu s fluoritem ze střední části

hodnot): 5 % K, 11,6 ppm eU, 14,2 ppm eTh. Velkým překvapením je zjištění velké disproporce mezi obsahy uranu v případě podložních a nadložních ortorul: Zatímco podložní ortoruly v jižní stěně 4. etáže obsahují 4,5 – 5,3 % K, 2,4 – 6,7 ppm eU a 14,8 – 20 ppm eTh (rozmezí pěti hodnot), v případě nadložních ortorul v severní stěně 4. etáže byly naměřeny koncentrace 4,3 – 5,6 % K, 19,7 – 34,5 ppm eU a 15,6 – 22,6 ppm eTh. Zvýšené obsahy uranu byly naměřeny také na profilu č. 1 ve skarnu nedaleko kontaktu s nadložními ortorulami. Zde odebraný vzorek granát-epidot-amfibolického páskovaného skarnu obsahuje < 0,5 % K, 28 ppm eU (Ra) a 13 ppm Th (lab. GS, analytický list č. 2, vzorek „U-skarn“). Naopak byla v tělese radioaktivnější nadložní

Na pegmatitových žilách byly naměřeny koncentrace 7,5 – 31,7 ppm eU a 29,3 – 233 ppm eTh (žíla v severní stěně 5. etáže, profil č. 1, obr. 7.1) a 2,0 – 7,5 ppm eU a 19,6 – 62,5 ppm eTh (žíla v jižní stěně 5. etáže, profil č. 2). Rozložení thoriové (allanitové) mineralizace v žilách je velice nepravidelné, střídají se úseky takřka hluché s úseky s hnízdovitým nahromaděním mineralizace.

lomové stěny 5. etáže. Vzorek VL2 je silně kontaminovaný mikroklin - oligoklasový allanitový pegmatit s velkými vyrostlými amfiboly a malým množstvím fluoritu z jižní stěny 5. etáže. Vzorek VL3 je separovaný čirý až nažloutlý fluorit z materiálu vzorku VL1. Vzorek VL4 je separovaný amfibol z materiálu vzorku VL2. Doplnkově byly také studovány vzorky U-Th mineralizace z pegmatitu odebrané na 6. patře hlubinného dolu Magdalenského ložiska.

7.4 Výsledky laboratorních prací

Kompletní analytický rozbor byl proveden na vzorku VL1. Podle výsledků silikátové analýzy má „hornina“ vysoký obsah Al_2O_3 (16 hmot. %), draslíku (10 hmot. % K_2O) a vápníku (8,5 hmot. % CaO). Z rozpočtu analýzy podle výsledků RTG difrakce programem RECAL vyplývá převaha draselného živce (59 hmot. %) a plagioklasu An_{10} (22 hmot. %). Jako podřadné složky se uplatňují fluorit (8 hmot. %), křemen (5 hmot. %) a amfibol (2 hmot. %). Pegmatit je však velice heterogenní a výsledky nejsou příliš reprezentativní. Z mikroelementů stojí za povšimnutí obsahy vzácných zemin (ΣREE 407 ppm), rubidia (709 ppm) a barya (669 ppm). Vzorek obsahuje 161 ppm (ICP-MS), resp. 142 ppm thoria (lab. GS) a pouze 5,7 ppm uranu (ICP-MS), resp. 3,7 ppm eU(Ra) (lab. GS). Na křivce vzácných zemin je patrné silné obohacení LREE a výrazná záporná europiová anomálie.

V pegmatitovém fluoritu (VL3) byly stanoveny pouze obsahy mikroelementů. Důvodem bylo ověření přítomnosti Mn, Y a Yb stanovených zde Vavřínem (1960) spektrální analýzou a dávaných do souvislosti s termoluminiscencí vlastějovického fluoritu. Podle očekávání obsahuje fluorit zvýšené množství yttria (153 ppm) a také barya (840 ppm). Zvýšené obsahy Yb a Mn nebyly naměřeny. Na křivce vzácných zemin je patrné obohacení HREE oproti celkovému složení pegmatitu a výrazná záporná europiová anomálie.

Vlastějovický pegmatitový amfibol byl na mokré cestě analyzován Vavřínem (1960), podle výsledků ED analýz to je hastingsit až hořečnatý hastingsit (Potužák 1996). Popudem k analýze obsahu stopových prvků bylo pozorování zřetelných barevných dvůrků okolo některých amfibolů uzavřených ve fluoritu. Domněnka o zvýšeném obsahu thoria v amfibolu (VL4) však potvrzena nebyla, naměřeno bylo pouze 4 ppm Th a 0,9 ppm U. Barevná alterace fluoritu je pravděpodobně způsobena jemnými vrostlicemi allanitu v některých amfibolech. Z ostatních mikroprvků stojí za pozornost obsahy 0,68 % Mn, 110 ppm yttria, 62 ppm kobaltu a také překvapivě vysoký obsah cínu (222 ppm). Na křivce vzácných zemin amfibolu je patrné výrazné ochuzení LRRE, silné obohacení HREE oproti celkovému složení pegmatitu a výrazná záporná europiová anomálie.

Obsahy radioaktivních prvků naměřené laboratorní gama spektrometrií ve vzorcích podložní ortoruly, nadložní ortoruly („U-ortorula“) a U,Th bohatého skarnu („U-skarn“) byly diskutovány již v pasáži interpretace terénní gama spektrometrie. Výsledky všech provedených analytických prací jsou shrnuty na analytickém listu č. 2.

7.5 Mineralogické zhodnocení

7.5.1 Minerály U-Th asociace

Velice sporadicky se na některých pegmatitových žilách vyskytuje hnězdovitá mineralizace stručně popsaná již nálezovou zprávou Rezka a Krysta (1985). Okrajově bylo zkoumáno i několik vzorků tohoto typu odebraných na 6. patře hlubinného dolu magdalenského ložiska.

Ve studovaném materiálu se vyskytuje hnědý metamiktizovaný zirkon s mřížkovými parametry: $a_0 = 6,63(2)\text{\AA}$, $c_0 = 6,06(5)\text{\AA}$, po vyžhání $800^\circ\text{C}/6\text{h}$ $a_0 = 6,604(3)\text{\AA}$, $c_0 = 6,004(3)\text{\AA}$. Zirkon je naplněn inkluzemi uraninitu, thoritu a řídce i coffinitu. V asociaci je hojný také krystalovaný uraninit (krychle) s podílem 11 – 14 mol. % thorianitové komponenty

a zvýšeným obsahem yttria. Neobvykle vysoký parametr ($a_0 = 5,461(1)\text{\AA}$) a velice nízký kyslíkový koeficient $\text{UO}_{2,24}$ aproximovaný regresí podle Kašpara a Hejla (1970) hovoří o nízké fugacitě kyslíku pufrované vysokým obsahem Fe^{2+} v okolním skarnu. Častý je také hnědý, dokonale metamiktní thorit až thorogummit s obsahem 0 – 40 mol. % coffinitivé komponenty. Vzácně byl nalezen tmavě hnědý metamiktní uranpyrochlór. V okolí metamiktního thoritu krystaluje pyrrhotin, v asociaci s uraninitem byl nalezen také ryzí vizmut s bismutinem.

7.5.2 Produkty alterace allanitu

Tabulka 7.1: Příklady chemického složení nealterovaného vlastějovického allanitu zjištěné ED analýzou (anal. M. Chvátal)

hmot. %	allanit	allanit
MgO	0,87	----
Al ₂ O ₃	23,65	23,62
SiO ₂	32,69	33,41
CaO	16,88	18,31
FeO	12,10	12,43
La ₂ O ₃	2,17	1,86
Ce ₂ O ₃	5,31	4,22
Nd ₂ O ₃	1,06	0,66
ThO ₂	5,11	3,14
součet	98,98	97,65

Detailněji byla studována asociace minerálů vznikající alterací allanitu. Bylo zjištěno, že průběh alterace allanitu je podřízen mineralogické skladbě pegmatitů, resp. jejich kontaminací amfibolem či působením pozdních fluid bohatých fluorem.

V silně kontaminovaných pegmatitech s velkým množstvím amfibolu (vzorek VL2) bývá allanit pseudomorfován nejprve temně hnědou celistvou hmotou voskového vzhledu. V této hmotě byl jako jediná difraktující fáze určen thorogummit. Pravděpodobně vlivem další rekrytalizace a působením alteračních fluid vznikají v dutinách po allanitu světle hnědé až žlutohnědé, velice porézní agregáty (obr. 7.3). RTG difrakčním studiem a ED analýzou v nich byly identifikovány chlorit a hexagonální hydratovaný fosfát CaTh(REE) brockit . Práškový difrakční záznam této směsi zpracovaný denzitometrickým programem F2P a vypočtené mřížkové parametry brockitu uvádí tabulka 7.2.

Allanit se vyskytuje jako akcesorický minerál ve skarnovém tělese (Koutek 1950), hojný je ve zdejších pegmatitech, odkud byl popsán Bouškou et al. (1960). Je silně metamiktizován, opticky je takřka izotropní, v nevyžíhaném stavu poskytuje difuzní RTG difrakční záznam (Bouška et al. 1960). Allanit tvoří idiomorfní protažené prizmatické krystaly do velikosti 1 cm zarůstající v živcích, často bývá redeponován do výrazně mladšího fluoritu, který ve svém okolí modrofialově alteruje. Chemické složení vlastějovického nealterovaného allanitu bylo studováno pouze orientačně, dvě vybrané ED analýzy ukazuje tabulka 7.1.

Tabulka 7.2: Prášková RTG difrakční data rabdofánu a brockitu vznikajících alterací vlastějovického allanitu. Intenzity difrakcí brockitu určeny denzitometricky.

rabdofán ¹						brockit ²			
Debye-Sch. 114.6 mm Cu/Ni						Debye-Sch. 114.6 mm Co/Fe			
h	k	l	d _{obs.}	I _{obs.}	d _{calc.}	d _{obs.}	I _{obs.}	d _{calc.}	I _{calc.}
1	0	0				6,04	21	6,05	100
1	0	1	4,41	10	4,40	4,38	74	4,40	62
1	1	0	3,48	1	3,49	3,48	36	3,49	20
2	0	0	3,04	9	3,02	3,04	89	3,03	89
1	1	1			3,06			3,07	15
1	0	2	2,836	8	2,840	2,827	100	2,836	83
1	1	2	2,365	2	2,365	2,358	16	2,364	25
2	1	0				2,293	7	2,287	2
2	1	1			2,151			2,155	11
0	0	3	2,144	6	2,146	2,146	62	2,141	35
3	0	1				1,925	21	1,924	19
2	1	2	1,868	5	1,861	1,859	51	1,863	47
1	1	3				1,821	10	1,825	3
2	0	3						1,747	14
2	2	0				1,749	22	1,747	15
3	0	2				1,708	27	1,708	24
3	1	0				1,672	20	1,678	5
1	0	4				1,551	14	1,552	8
4	0	0				1,518	9	1,513	11
1	1	4				1,462	10	1,459	8
3	2	1						1,357	5
2	2	3				1,359	10	1,353	6
2	1	4				1,315	22	1,314	16
3	2	2				1,271	15	1,274	10
3	0	4				1,253	6	1,256	8
3	1	4				1,160	12	1,160	10
a ₀ = 6,973(16) Å						a ₀ = 6,9875(57) Å			
c ₀ = 6,433(18) Å						c ₀ = 6,4218(69) Å			
V = 270,9(12) Å ³						V = 271,54(42) Å ³			

¹) Srůst rabdofánu s montmorillonitem, difuzní snímek. V záznamu dále linie: 13,9 (10), 4,55 (1), 3,33 (2), 2,58 (2) a 1,52 (3).

²) Srůst brockitu s chloritem. V záznamu dále linie: 14,9 (83), 7,12 (8) a 3,74 (13).

Podle chemického složení to je přechodný člen mezi rabdofánem a brockitem s kolísajícím poměrem v kationtové části způsobený heterovalentní substitucí REE $\leftrightarrow$ (Ca,Th). Při podrobném studiu jeho chemického složení byla pozorována vysoká frakcionace mezi REE a Th. Bylo pozorováno, že zatímco v reziduální fázi na místě allanitové pseudomorfózy jsou přítomné fosfáty s převládající CaTh složkou (brockit) (tabulka 7.3, analýza 4), v okolí

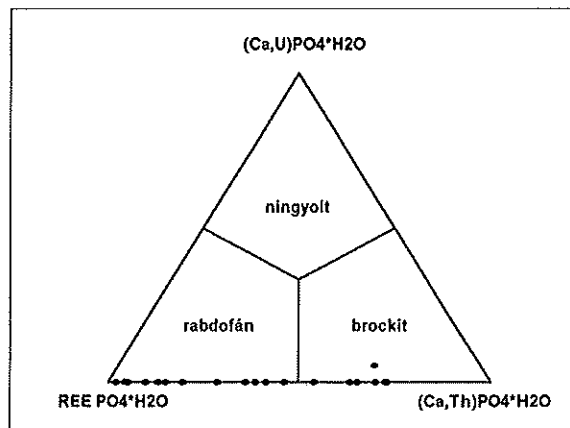
Tabulka 7.3: Příklady složení bastnäsitu, rabdofánu a brockitu z Vlastějovic zjištěné ED analýzou a přepočtené koeficienty jejich empirických vzorců.

hmot. %	1 bastnäsit	2 bastnäsit	3 rabdofán	4 brockit
MgO	---	---	---	0,49
Al ₂ O ₃	2,92	3,05	1,01	0,83
SiO ₂	2,94	5,51	4,19	8,65
P ₂ O ₅	---	---	27,43	23,71
SO ₃	1,55	1,32	2,83	0,77
CaO	6,11	7,61	7,58	8,24
FeO	0,92	1,15	1,23	2,95
SrO	---	0,76	---	---
La ₂ O ₃	8,99	9,15	13,67	6,99
Ce ₂ O ₃	20,61	22,15	19,53	6,74
Pr ₂ O ₃	1,80	1,61	---	---
Nd ₂ O ₃	7,77	7,03	4,61	6,03
Sm ₂ O ₃	1,33	1,28	---	---
ThO ₂	13,81	10,95	2,72	21,21
součet	68,75	71,56	84,80	86,60

Mg	0,00	0,00	0,00	0,03
Al	0,11	0,10	0,04	0,04
Si	0,09	0,15	0,15	0,32
P	0,00	0,00	0,85	0,74
S	0,04	0,03	0,08	0,02
Ca	0,20	0,22	0,30	0,32
Fe	0,02	0,03	0,04	0,09
Sr	0,00	0,01	0,00	0,00
La	0,10	0,09	0,19	0,09
Ce	0,23	0,22	0,26	0,09
Pr	0,02	0,02	0,00	0,00
Nd	0,08	0,07	0,06	0,08
Sm	0,01	0,01	0,00	0,00
Th	0,10	0,07	0,02	0,18
přepočteno na	1,00	1,00	2,00	2,00

ložiska Stráž.) Bylo rovněž pozorováno kolénkovité dvojčatění krystalů brockitu pravděpodobně podle prvořadé hexagonální dipyramidy {10.1} (obr. 7.4).

Krystaly brockitu narůstají na lupenité agregáty Fe(Mg)-chloritu (tabulka 7.4) Vzájemná pozice obou minerálů má charakter orientovaných šikmých nárůstů (epitaxe) (obr. 7.4) (Goliáš et al. 2001). Srůstovým tvarem brockitu je pravděpodobně opět prvořadá hexagonální dipyramida {10.1}. Jako jeden z pravděpodobně pozorovaných srůstových tvarů u fylosilikátů (s brockitem) se nabízí srůst podle prvořadého hexagonálního vertikálního prizmatu {10.0} v hexagonálním indexování (monoklinického vertikálního prizmatu {110} v indexování monoklinickém). Na obr. 7.10 je tato epitaxe zjednodušeně graficky znázorněna.



Obrázek 7.9: Ternární diagram hexagonálních fosfátů skupiny rabdofánu s vynesním projekčních pozic analyzovaných členů z Vlastějovic.

až do vzdálenosti několika milimetrů se vyskytují jediné fosfáty převládající LREE složkou (rabdofán) s nízkými obsahy thoria, či obsahy thoria pod mezí stanovitelnosti ED analýzy. Polohy analyzovaných bodů v chemické projekci skupiny rabdofánu jsou vyneseny na obr. 7.9.

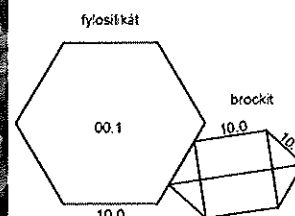
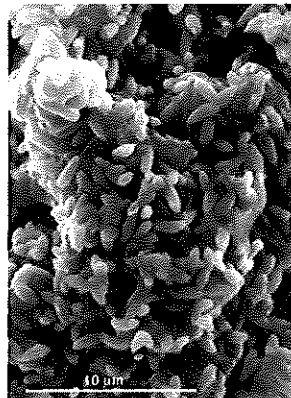
Při studiu morfologických preparátů hmoty allanitových pseudomorfóz elektronovou mikroskopií byly pozorovány protažené, vejčité zaoblené krystalky brockitu velikosti nejčastěji od 3 do 5 μm . (Krystaly brockitu podobné morfologie popisují Scharmová a Scharm (1994) z uranového

Tabulka 7.4: Příklady chemického složení fylosilikátů vznikajících rozkladem allanitu. ED analýzy přepočteny na 100 %.

hmot. %	seladonit	montmorillonit	chlorit
Na ₂ O	0,54	1,73	0,21
MgO	13,75	2,36	8,17
Al ₂ O ₃	9,11	10,46	11,22
SiO ₂	58,92	59,28	55,18
K ₂ O	3,43	---	1,57
CaO	1,64	7,40	---
Fe ₂ O ₃	12,62	18,78	23,65
součet	100,0	100,0	100,0

Odlišná asociace sekundárních minerálů byla pozorována v případě málo kontaminovaných, mikroklín – oligoklasových pegmatitů s velkým zastoupením fluoritu (vzorek VL1). Podle mikroskopického pozorování se fluorit chová velice agresivně ke starším minerálům. Na kontaktu s fluoritem jsou zrna živců, křemene, titanitu i amfibolů povrchově oleptána a zaoblena. Nejvýrazněji jsou však alterovány právě krystaly allanitu.

Jednotlivé krystaly allanitu zavlečené do fluoritu jsou pseudomorfovány světle žlutým průhledným minerálem s pozorovatelnou štěpností. Tento minerál se vyskytuje ve formě paralelních žebrovitých žilek pseudomorfujících původní allanitovou štěpnost podle {001} (!) (obr.7.5). Tento fakt hovoří o průniku fluid s vysokou aktivitou fluoru (z geologického hlediska) nedlouho po krystalizaci allanitu. RTG difrakcí byl v tomto minerálu identifikován hexagonální fluorokarbonát vzácných zemin bastnäsit s ideálním vzorcem $\text{REE}[\text{F}|\text{CO}_3]$. Podle výsledků ED analýzy to je přechodný člen mezi bastnäsitem a thorbastnäsitem s obsahem 11 – 14 hmot. % ThO_2 a značnou



Obrázek 7.10: Zjednodušeně znázorněné šikmé nárůsty brockitu na chlorit pozorované elektronovou mikroskopií (vlevo obraz sekundárních elektronů). Pegmatit Vlastějovice.

příměsí vápníku (tabulka 7.3, analýzy 1 a 2).

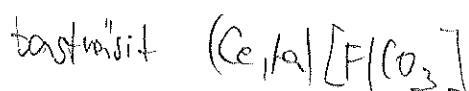
Tabulka 7.5: Práškový RTG difrakční záznam a mřížkové parametry bastnäsitu z Vlastějovic.

bastnäsit (s.g. P-62c)					
Debye-Sch. 114.6 mm Cu/Ni					
h	k	l	$d_{\text{obs.}}$	$l_{\text{obs.}}$	$d_{\text{calc.}}$
0	0	2	4,89	5	4,87
1	1	0	3,54	10	3,54
1	1	2	2,860	9	2,863
2	0	2	2,612	3	2,594
0	0	4	2,419	2	2,436
3	0	0	2,044	7	2,043
1	1	4	2,001	7	2,007
3	0	2	1,886	7	1,884
2	2	0	1,771	3	1,770
2	2	2	1,663	4	1,663
3	0	4	1,567	2	1,566
1	1	6	1,480	2	1,476
2	2	4	1,434	2	1,432
4	1	0	1,339	0,5	1,338
4	1	2	1,289	3	1,290
3	0	6	1,268	1	1,271
4	1	4	1,174	1	1,173
3	3	2	1,148	2	1,147
4	1	6	1,032	1	1,033
5	2	0	0,980	0,5	0,982
$a_0 = 7,0782(37) \text{ \AA}$					
$c_0 = 9,745(11) \text{ \AA}$					
$V_0 = 422,83(50) \text{ \AA}^3$					

Pouze s použitím chemických dat by mohl být označen jako parisit, nicméně nepřítomnost superstrukturních difrakcí hovoří spíše o neuspořádané struktuře bastnäsitové. Indexovaný difrakční záznam a vypočtené mřížkové parametry uvádí tabulka 7.5.

Zatímco bastnäsit se ve studovaném materiálu vyskytuje poměrně řídko, výrazně hojnější jsou porézní práškovité hmoty barvy různých odstínů žluté až žlutooranžové pseudomorfující allanit. Byly pozorovány dvě formy výskytu. V prvním případě jsou touto hmotou zatlačována černá zrna allanitu od okrajů (obr. 7.8). Ve druhém případě jsou pseudomorfovány původně červenohnědé, pravděpodobně hydratované, RTG amorfni hmoty kalafunového vzhledu v celém objemu (obr. 7.6). RTG difrakcí byl v těchto hmotách identifikován kosočtverečný karbonát REE ze skupiny ancylitu (ideální vzorec $\text{CaREE}(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) srůstající obvykle s apatitem. Při studiu morfologických preparátů byly pozorovány jeho dlouze jehlicovité krystaly srostlé společně s apatitem do radiálních kulovitých útvarů (obr. 7.11). V okolí ancylitu byly často přítomné vejčité krystaly brockitu. Podle chemického složení se jedná o kalcioancylit s proměnlivým zastoupením thoria. Podobně jako v případě fosfátů skupiny rabdofanu byla i v případě ancylitu pozorovaná silná frakcionace mezi LREE a Th. Některé analyzované členy by bylo možné podle převažující Th složky mineralogicky nazvat již jako kalcioancylit-(Th). Difrakční záznam fáze o tomto složení a vypočtené mřížkové parametry ukazuje tabulka 7.6. Díky velice intimnímu prorůstání s ostatními minerály se prozatím nepodařilo

získat jeho uspokojivé chemické analýzy.



Tabulka 7.6: Práškový RTG difrakční záznam a mřížkové parametry kalcioancylitu s podstatným zatoupením Th složky. Vlastějovice.

kalcioancylit (s.g. Pmcn)					
Debye-Sch. 114.6 mm Cu/Ni					
h	k	l	d _{obs.}	l _{obs.}	d _{calc.}
0	1	1	5,52	4	5,49
1	1	0	4,30	7	4,31
1	1	1			3,70
0	2	1	3,69	10	3,65
0	1	2	3,33	5	3,32
1	0	2	2,935	9	2,923
0	3	1	2,629	6	2,631
2	0	0	2,498	2	2,501
1	2	2	2,404	1	2,407
1	3	1	2,321	7	2,328
2	2	1	2,058	6	2,064
2	1	2	1,993	6	1,997
1	2	3	1,931	4	1,928
1	4	1	1,884	4	1,884
0	3	3	1,836	5	1,830
0	0	4	1,801	1	1,802
1	3	3			1,719
1	4	2	1,716	1	1,716
2	3	2			1,662
1	1	4	1,665	2	1,662
3	2	1	1,518	2	1,517
2	3	3	1,473	1	1,477
0	4	4	1,371	1	1,373
3	2	3			1,303
2	5	2	1,307	2	1,308
1	6	2	1,273	1	1,272

$a_0 = 5,0020(54) \text{ \AA}$

$b_0 = 8,4717(86) \text{ \AA}$

$c_0 = 7,2141(75) \text{ \AA}$

$V_0 = 305,70(36) \text{ \AA}^3$

Dalším případem intimního sepětí fylosilikátu s fosfátem skupiny rabdofánu jsou světle zelené, celistvé, jemně jehličkovité agregáty vyskytující se jako povlaky na fluoritu v okolí allanitových pseudomorfůz v mikroklin-oligoklasovém pegmatitu. RTG difrakcí i ED analýzou (tabulka 7.4) byl v tomto minerálu poznán seladonit (fylosilikát ze skupiny muskovitu). Při studiu elektronovou mikroskopií je zřetelná jeho jemně vláskovitá struktura, na povrch agregátu seladonitu narůstají protažené vejčité krystaly rabdofánu s nízkým zastoupením CaTh složky (obr. 7.7).

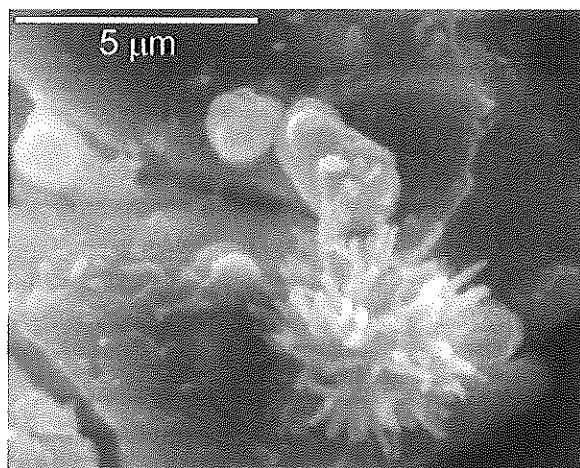
Jako poslední příklad diskutovaného jevu byly studovány tenké, kalně zelené až žlutozelené povlaky na povrchu zrn černého allanitu v mikroklin-oligoklasovém pegmatitu (obr. 7.8). Allanitová zrna jsou od okrajů zatlačována žlutým ancylitem, popisovaný minerální agregát je pravděpodobně výrazně mladší a je zřejmě součástí puklinové supergenní asociace. Podle vyhodnocení difuzního RTG záznamu (tabulka 7.1) to je špatně krystalická směs montmorillonitu a rabdofánu. Z výsledků ED analýzy vyplývá, že to je sodno-vápenatý ferrimontmorillonit s výrazným zastoupením nontronitové složky (tabulka 7.4) a rabdofán s nízkou substitucí CaTh složky (tabulka 7.3, analýza 3).

7.6 Zhodnocení

Ve studovaném materiálu byly nalezeny tyto produkty alterace allanitu: fosfáty LREE-Th se složením rabdofán až brockit, fluorokarbonát LREE bastnäsit, karbonát LREE-Th kalcioancylit, thorogummit, Fe(Mg)-chlorit, seladonit, montmorillonit, apatit a kalcit. Produkty rozkladu allanitu byly studovány na jiných lokalitách mnoha autory, z přehledu

novotvořených fází uváděných Meitznerem a Mitchellem (1980) se asociace z Vlastějovic nikterak nevymyká, autoři popisují ještě větší množství dalších nalezených fází.

Zajímavější je pozorovaná frakcionace mezi LREE a Th, kdy vzácné zeminy migrují do okolí a thorium setrvává v reziduální fázi. Podobnou frakcionaci pozorovali Sulovský (2001) v případě alterace monazitu a allanitu třebíčského melanosenitu, Wood a Ricketts (2000) v případě allanitu z tercierního granitu a Förster (2000) v případě alterace asociace akcesorií v krušnohorských granitech. Podle termodynamických dat Meitznera a Mitchella (1980) je tento jev jasně vysvětlitelný rozdílnou mobilitou REE a Th v prostředí fosfatických, karbonátových i fluoridových roztoků. Z tohoto pohledu se při vývoji alterace vlastějovického allanitu nejdříve uplatňovaly ranné roztoky bohaté $F(\text{CO}_3^{2-})$, které krystalický allanit zatlačovaly za vzniku fluorokarbonátu bastnäsite. Původ fluorem bohatých fluid lze hledat v samotném skarnovém tělese, kde Žáček (1997) našel v některých granátech obsahy až 0,8 – 1,6 hmot. % fluoru. Později byly hlavními alteračními fluidy



Obrázek 7.11: Kulovitý agregát jehlicovitých krystalů kalcioancylitu, v pozadí vejčité krystaly brockitu. Vlastějovice. Obraz sekundárních elektronů. Foto M. Chvátal.

roztoky bohaté CO_3^{2-} a PO_4^{3-} . Speciace LREE a Th v novotvořených fázích byla podřízena právě přítomnému poměru aktivit $\text{CO}_3^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$ v alteračním roztoku. V různých případech pak krystalovaly karbonáty ze skupiny ancyritu či fosfáty rabdofánové skupiny, případně obě fáze společně. Vzhledem k termodynamické stabilitě hydratovaných fosfátů skupiny rabdofánu (Akers et al. 1993) se při alteraci uplatňovaly nízkoteplotní roztoky pod 200°C.

Pozoruhodná je také dosud v literatuře nezmiňovaná silná afinita fosfátů skupiny rabdofánu a fylosilikátů pozorovaná v produktech alterace allanitu. Byly zjištěny tyto koexistující dvojice minerálů: rabdofán – seladonit, rabdofán – montmorillonit a brockit – Fe(Mg)-chlorit. Je pravděpodobné, že pozorovaná afinita je důsledkem orientovaných srůstů (epitaxe) obou minerálů, morfologicky popsána v případě dvojice brockit – Fe(Mg)-chlorit. (Tento jev je dále diskutován v závěrečné části práce.)

Ačkoli zjištěné obsahy thoria, mocnost žil a nepravidelná lokalizace mineralizovaných úseků diskvalifikují tento mineralogický výskyt z hlediska ložiskového, výzkum asociace produktů alterace allanitu a distribuce radioaktivních prvků v hostitelských horninách poněkud poodhalily vývoj mineralizace skarnového tělesa ve Vlastějovicích. Zjištěné příznaky hovoří o silném přerozdělení radioaktivních prvků mezi geochemicky rozdílnou nadložní a podložní ortorulou a příkontaktními partiemi skarnového tělesa s projevy K-metasomatózy a přínosu uranu i thoria do skarnu. Otevřenou otázkou stále zůstává původ pegmatitů. Klíčem k řešení může být právě zvýšený obsah uranu v nadložní ortorule i v pegmatitu a skarnu při kontaktu s touto horninou, problém však vyžaduje poněkud rozsáhlejší studium.

Vývoj pozdní fluoritové mineralizace navazuje plynule na krystalizaci hlavní asociace pegmatitových minerálů. V geologicky krátkém čase došlo k alteraci ještě nemetamiktního allanitu fluidem bohatým $\text{F}(\text{CO}_3^{2-})$, později se při alteraci uplatňovaly roztoky s teplotami pod 200°C bohaté CO_3^{2-} a PO_4^{3-} .

Analytický list č. 2

lokalita **Vlastějovice** č. vzorků **VL1**
VL2
VL3
VL4
přesnější lokalizace
5. etáž lomu fy. TARMAC, Vlastějovice
ortorula podložní
U - skarn
U - ortorula nadložní
odebraný vzorek
VL1 mikroklínový pegmatit
VL2 kontaminovaný pegmatit s amfibolem
VL3 fluorit separovaný z VL1
VL4 amfibol separovaný z VL2
datum odběru 25.5.1999
3.11.2001

makropops

VL1 hrubozrnný mikroklínový pegmatit s fluoritem, aleanitem a malým množstvím amfibolu,
VL2 hrubozrnný, silně kontaminovaný aleanitový pegmatit s velkým množstvím amfibolu, fluorit řídký
VL3 světlé žlutý fluorit
VL4 černý štěpný amfibol

silikátová analýza	VL1	kvantitativní RTG analýza VL1	
SiO2	57,94	minerál hmot.%	
TiO2	0,23	K-živec	58,9
Al2O3	16,11	oligoklas An10	22,4
Fe2O3	0,83	křemen	4,8
FeO	0,19	amfibol	1,6
MnO	0,02	fluorit	7,7
MgO	0,06	amorfní Fe ox.	0,8
CaO	8,49	součet (bez prch.)	96,3
Na2O	2,94	reziduum	1,37 mol. %
K2O	9,96		
P2O5	0,04		
H2O-	0,14		
H2O+	1,91		
CO2	0,48		
SOUČET	99,34		

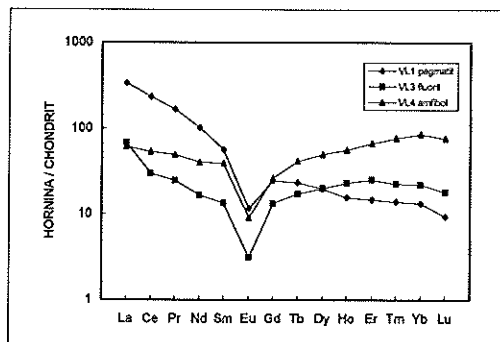
stopové prvky [mg/kg] (ppm)

ICP-MS	VL1	VL3	VL4	ICP-MS	VL1	VL3	VL4
Y	35	153	110	Pb	11	<0,5	2,9
La	104	21	19	Th	161	1,4	4
Ce	188	24	43	U	5,7	0,84	0,86
Pr	20,3	3	6				
Nd	61	10	24	Zr	10,8	8,4	33
Sm	11	2,6	7,6	Nb	24	1,2	50
Eu	0,85	0,23	0,67	Sn	27	4	222
Gd	6,3	3,43	6,78	Hf	0,3	0,4	2
Tb	1,1	0,81	1,96	Ta	20,5	0,5	6,9
Dy	6,34	6,42	16,0	Ba	655	840	35
Ho	1,12	1,66	4,03	Cr	87	<1	38
Er	3,08	5,28	14,1	Sr	176	39	38
Tm	0,45	0,73	2,48	V	7,3	8,3	78
Yb	2,78	4,6	17,8	Mo	0,57	<1	<1
Lu	0,3	0,58	2,44	Sc	2,16	0,11	23,1
suma REE	406,6	84,3	165,9				

laboratorní GS

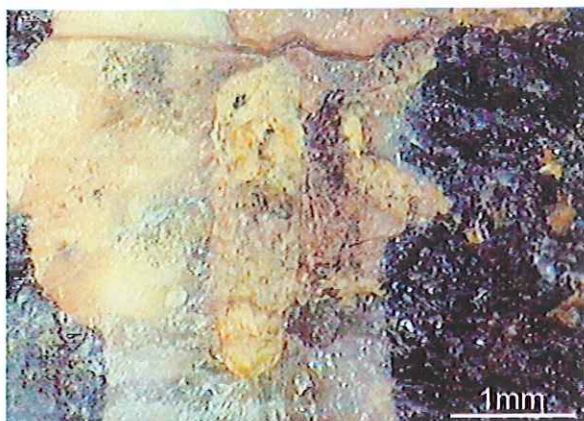
	VL1	podložní ortorula	U-skarn	nadložní U-ortorula
ppm U	10,1	5,0	20,7	4,8
ppm Th	142,5	16,5	13,3	7,8
ppm eU (Ra)	3,7	3,7	27,8	4,4
% K	7,8	3,9	< 0,5	3,4
TC [U]	66,7	14,3	32,3	11,1
Th/U (Ra)	38,5	4,48	0,48	1,79

AAS	VL1	VL3	VL4
Cu	5,0	4,0	4,5
Mn	97	76	6575
Co	<10	<5	62
Ni	<20	<10	24
Li	4,0	<2	51
Rb	709	<20	66
Cs	<8	<8	<8
Be	4,0	<1	22

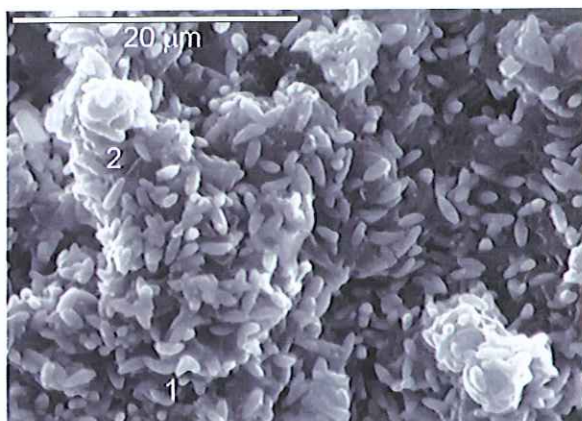


Analytické laboratoře UK PŘ v Praze:

ICP-MS analytik Mgr. Ladislav Strnad (LGÚ)
AAS analytik Mgr. Ondřej Šebek (LGÚ)
lab. GS analytik Mgr. Viktor Golíáš (ÚGMNZ)
silik. anat. analytik ing. Věra Vonásková (LGÚ) a
analytik Zdena Rýdlová (LGÚ)



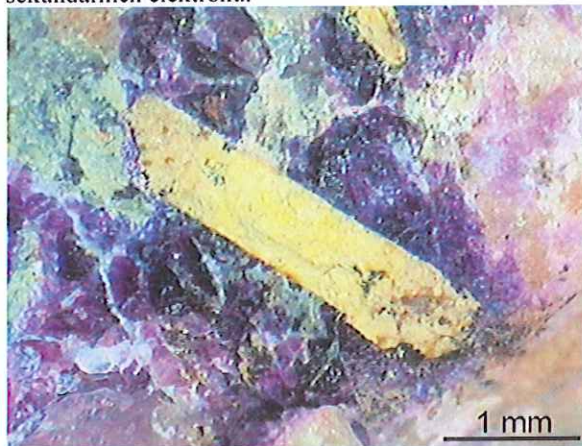
Obrázek 7.3: Pseudomorfóza po rozloženém allanitu: Žlutohnědý porézní agregát směsi brockitu s chloritem. V okolí mikroklin, křemen a temně fialový fluorit. Vlastějovice, vzorek VL2. Makrofoto.



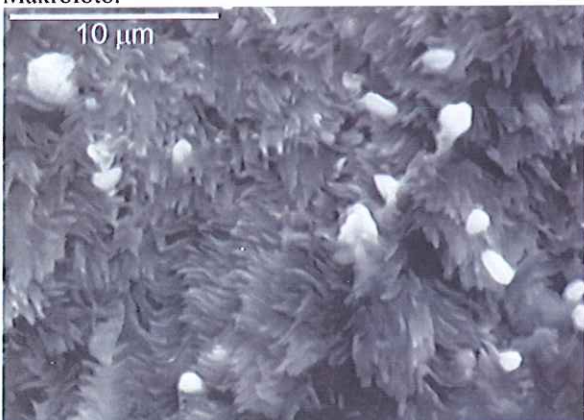
Obrázek 7.4: Vejščitě zaoblené, protažené krystaly brockitu narůstající na lupenitý chlorit. Kolénkovité dvojčatění brockitu (1) a jeho šikmé nárůsty na lupeny chloritu (2). Vlastějovice, vzorek VL2, obraz sekundárních elektronů.



Obrázek 7.5: Žebrovitě uspořádané žilky bastnäsitu pseudomorfující allanit po štěpnosti {001}. Šipka ukazuje směr štěpnosti {001}. Ve výplni mezi žilkami světle žlutý ancytit. V okolí fluorit fialově zbarvený působením radioaktivního záření. Vlastějovice, vzorek VL1. Makrofoto.



Obrázek 7.6: Pseudomorfóza po allanitu: Jasně žlutý práškovitý agregát ancylitu. V okolí fluorit fialově zbarvený radioaktivním zářením. Vlastějovice, vzorek VL1. Makrofoto.



Obrázek 7.7: Vejščitě krystaly rabdofánu (bílý) narůstající na vláskovitý agregát seladonitu. Vlastějovice, vzorek VL1. Obraz sekundárních elektronů.



Obrázek 7.8: Oválné zrno allanitu zatlačované od okrajů žlutohnědým ancylit. Na povrchu zrna žlutozelený agregát směsi montmorillonitu s rabdofánem. V okolí tlakově rozpraskaný oligoklas. Vlastějovice. Makrofoto.

Thorium Occurrences in the Czech Republic and their Mineralogy

V. Goliáš

Institute of Geochemistry, Mineralogy and Mineral Resources, Charles University, Prague, Czech Republic

ABSTRACT: Short description and characteristics of several types of thorium mineralization in the Bohemian Massif are given: orthogneisses with 200 ppm of Th (Moldanubicum), Permian volcanites in the Intra-Sudetic basin (U-Th-V to 450 ppm Th), REE-Th pegmatites (Moldanubicum), metasomatic (the Sudety Mts.) and Ordovician Ti-Zr-Th-REE paleo-placers (Saxothuringicum), recent Ti-Zr-Th-REE-Nb placers (Lužnice, S. Bohemia), vein type – Moldanubicum (Th-U). At the Budišov location (vein type in melanosenites), resources of 87 tons Th have been calculated in the Estimated Additional II category.

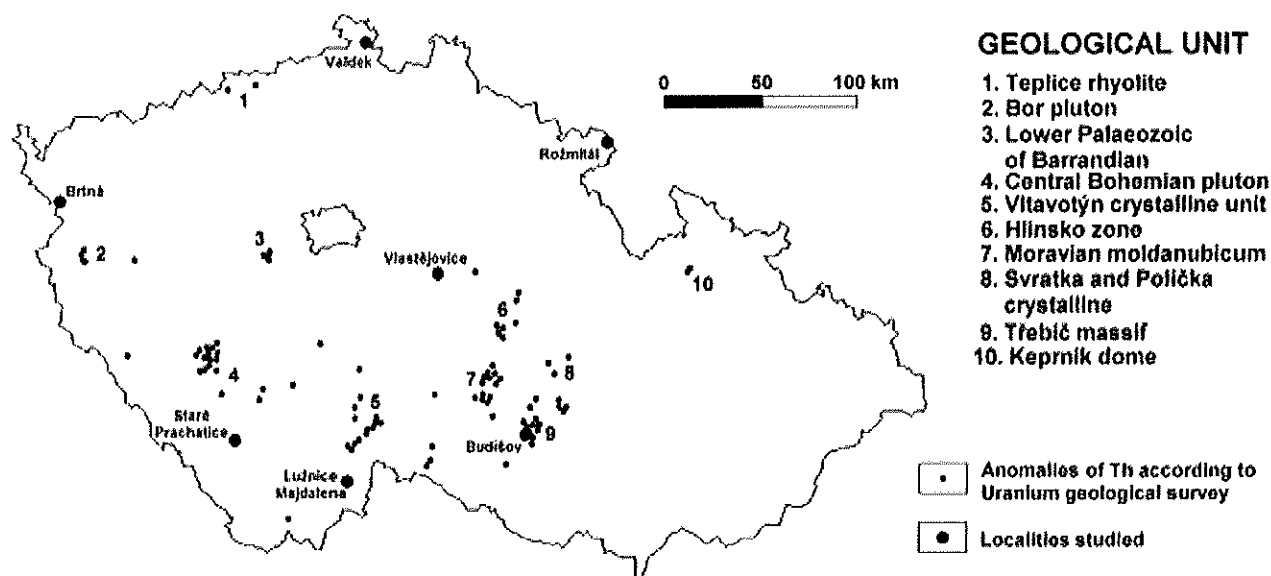


Figure 1. Thorium radiometric anomalies in the Czech Republic. Selected from database of Kříštiak & Záliš (1994).

1 INTRODUCTION

Thorium has not been mined in the Czech Republic to date and thorium deposits have not been systematically explored or studied. This paper briefly describes main types of thorium mineralization of the Bohemian Massif. Their geochemical and mineralogical characteristics are given and their economic potential is discussed.

2 METHODS

The Database of Radioactive Sites of the Czech Uranium Industry (Kříštiak & Záliš, 1994) was the main source of information, from which radiometric anomalies with Th>U were selected (Fig. 1). The selected anomalies were further classified according to their areal extent, intensity and geological position; their primary geological documentation was also studied in the archives of DIAMO state enterprise. The selection also included some known localities with occurrences of thorium mineralization. Altogether, 7 localities were studied in detail.

The field gamma spectrometry were carried out at chosen localities. On the basis of the results obtained, samples with increased Th content were taken (ore samples). The selected ore samples were subjected to silicate analysis, quantitative X-ray powder diffraction and analysis of micro-elements by the ICP-MS and AAS methods; laboratory gamma spectrometry was employed to analyze the content of radioactive elements. In addition, the mineralogical association of thorium was studied using EM-EDA.

3 OTHER AUTORS

Increased thorium contents (up to 45 ppm) have been found in Ordovician sediments and metasediments of the Bohemian and Saxothuringicum (Kundrát & Lepka 1998), and in Tertiary trachytes and phonolites of the Eeské Stædohod Mts. (max. approx. 90 ppm) (Chlupáková et al. 1991). Variscian alkaline melanosenites of the Central Bohemian and Moldanubian plutons are also rich in thorium (to 100 ppm). REE and Th allanite, monazite, huttonite brabantite, thorite and

thorian uraninite, cheralite and fluorocarbonates have also been described in this area (Sulovský 2001). The highest thorium contents were found in their alkaline dyke differentiates - nordmarkites described by Leichman et al. (1997) from Nalouëany and by Sulovský & Hlisenkovský (2001) from the Vaneč locality in the Třebí Pluton. They contain amounts exceeding 0.1 wt % Th controlled by huttonite, thorite, thorianite and younger brockite and other (silico)phosphates.

High-temperature Th - U mineralization connected with granitized gneisses and veins of lamprophyre occur in the Stráž Moldanubicum. Association of uraninite, thorite, coffinite, zircon, xenotime, allanite and other rarer minerals have been described here (Scharmová & Sulovský in Ondáček 1996).

Interesting Th ore mineralization was found at two places in the Cadomian granitoids of the Sudety Mts. from Šluknov (Northern Bohemia). At the first location, thorium is controlled by phosphates and silicates of the monazite group (Scharmová, Scharm 1999). The genesis of the location is unclear. The second locality was studied.

Mo-Th-Nb ore mineralization in carbonate-like marbles was described in the "varied group" of the Moldanubicum series from the Bližná graphite deposit (Southern Bohemia) in marble lenses with decimetre thickness, containing up to 300 ppm Th with molybdenite, thorium betafite and thorite. The ore mineralization was interpreted as volcano-exhalative (Drábek et al. 1997).

Thorium ore mineralization also occurs in the North Bohemian Cretaceous basin in the sediments of the fresh-water Cenomanian in the Stráž structural segment in the U, Th, Zr, Ti, P association, with Th contents of 100 – 2000 ppm. (Peták 1986). The thorium is controlled by phosphate hydrates of the brockite - ningyoite series (Scharmová & Scharm 1994). Underground mining extraction has been terminated at the deposit and thorium was not recovered from the ore.

4 STUDIED OCCURENCES

4.1 Vlastějovice

At the Vlastějovice locality ("varied group" of the Moldanubicum), allanite pegmatite cut through the body of the magnetite-bearing skarn was studied. Field measurements revealed from 40 – 233 ppm Th. One sample with 145 ppm Th contains microcline (59% wt %), plagioclase An_{10} (28 wt %) and also fluorite and amphibole. Studies were carried out of the hydrated REE and Th carbonates and phosphates formed by alteration of allanite: bastnäsite: ($a_0 = 7.0782(37)\text{\AA}$, $c_0 = 9.745(11)\text{\AA}$),

ancylite: $a_0 = 5.0020(54)\text{\AA}$, $b_0 = 8.4717(86)\text{\AA}$, $c_0 = 7.2141(75)\text{\AA}$ and rhabdophane – brockite: ($a_0 = 6.9875(57)\text{\AA}$, $c_0 = 6.4218(69)\text{\AA}$) and 14.6(1) Å chlorite, (Fig.2) montmorillonite and celadonite intergrowths (Goliáš et al. 2001).

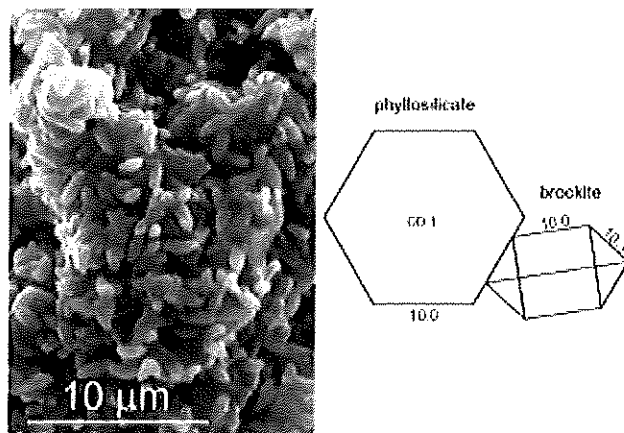


Figure 2. Brockite – chlorite intergrowths from Vlastějovice and its idealized chart.

4.2 Rožmitál near Broumov

The U-Th ore mineralization at Rožmitál n. Broumov is related to the Permian andezite pyroclastic of the Intra – Sudetic basin. The uranium content in the ore body varies considerably (X00 ppm - 0.14 %). Sample of hematitized tuff with redeposited rhyolite bombs containing 415 ppm Th and 83 ppm U was studied in detail. The rock is composed of plagioclase (An_{23} , 33wt %), sanidine (27 wt%), clomite (15 wt%), quartz, Mg-chlorite, clinopyroxene (augite) and hematite. Uranium is present in the mineral tyuyamunite (vanadate). Thorium is controlled by phosphates close to brabantite enriched in vanadium during metamictization (Tab. 1).

4.3 Valdek near Šluknov

The Valdek locality is located in Cadomian granitoids and granitized gneisses of the Sudety Mts.. The analyzed samples with pegmatoid appearance contain 118 – 414 ppm Th and only up to 2.5 ppm U. The rock has a predominance of albite An_3 (60 wt %) and quartz (16 wt %), and also contains K-feldspar, muscovite and hematite and rutile. There are large amounts of perimorphoses after amphiboles. Thorium is present in the predominant brabantite $(Ca,Th)PO_4$ with fractionation of REE to younger cheralite and monazite. Brabantite forms needle-like crystals elongated along the b -axis (Fig. 3) and is altered to phosphatic thorogummite ($a_0 = 7.112(14)\text{\AA}$, $c_0 = 6.262(37)\text{\AA}$) (Tab. 1.). Xenotime, zircon and rutile are also present. This probably consists of metasomatic granitized basic rock of Proterozoic

age; a similar occurrence was found not far away in Poland at Bogatynia (Mochnacka, Banas 2000).

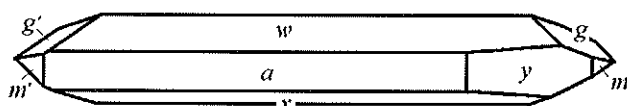


Figure 3. Brabantite crystal from Valdek. Space group P2₁, forms: *a* {100}, *w* {102}, *x* {10-1}, *y* {10.10}, *g* {012}, *m* {110}, *g'* {0-12}, *m'* {1-10}.

4.4 Brtná near Dolní Žandov

The radiometric anomalies at the Brtná n. Dolní Žandov are related to a 50-80 m thick horizon of sericitic quartzites in the Dyleš mica schists (Saxothuringicum). The studied material has contents of 126 - 542 ppm of Th. The rock contains a large amount of tectonically fragmented clastic zircon, metamorphic rutile, pseudorutile, hematite and xenotime. The thorium is controlled mainly to metamorphic phosphate - monazite to cheralite (Tab. 1.). The occurrence of Th mineralization is interpreted as a metamorphosed Ordovician paleo-placer.

4.5 Staré Prachatice

The radiometric anomaly at Staré Prachatice is related to an orthogneiss body with a size of about 0.2 km² in the mantle of the Prachatice granulite body ("varied group" of the Moldanubicum). The rock contains constantly about 200 ppm Th and only 5 ppm U and contains 30 wt % K-feldspar, 25 wt % plagioclase An₁₁, 24 wt % quartz and also biotite and muscovite. Thorium is controlled by phosphates of the monazite - cheralite group (Tab. 1.), which are part of the accessory association (ilmenite,

rutile, titanite, zircon, apatite). The rock has granite composition, where the elevated contents of Li and Rb are reminiscent of more differentiated types.

4.6 Lužnice – Majdalena

Gamma spectrometric field measurements on a scale of 1:5000 were carried out in detail in the Southern part of the most intensive airborne radiometric anomaly, which were related to sediments of the Lužnice River. These anomalies are caused by the contrast between the more active material of sedimented Moldanubian granitoids on the Cretaceous basement. The nucleus of the anomaly consists of a horizon of recent fluvial loams firstly described by Mađour et al. (1992). The results of shallow well logging and subsequent sampling indicated that they have a thickness of 0.8 to 1.1 m and a content of up to 47 ppm Th and 12 ppm U. The zircon - ilmenite heavy concentrate with 9 wt % monazite and 0.36 wt % Th was obtained. The Th and U contents were calculated in zircon (0.022 wt % Th, 0.046 wt % U) and monazite (5.8 wt % Th, 0.29 wt % U). "Average" monazite has lattice parameters of: *a*₀ = 6.779(4)Å, *b*₀ = 7.008(3)Å, *c*₀ = 6.461(3)Å, β = 103.84(4), and contributes 95.2 % to the total gamma activity of sediment. Brabantite, the highest radioactive grains, was found using alpha radiography (Fig. 4, Tab. 1).

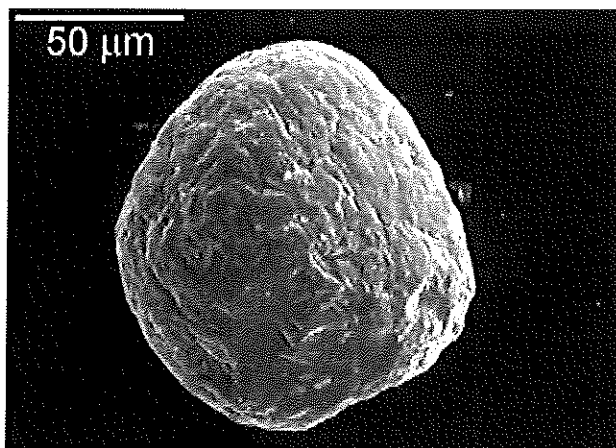


Figure 4. Brabantite grain from Lužnice. EM – SE image.

4.7 Budišov

The Budišov occurrence is located in the Western part of the Moravian Moldanubicum in the melanosenites (durbachites) of the Třebíč Massif. The thorium anomalies are related to fault systems that are tens of metres wide, branching off from the Sázava fault at a direction of 280 - 320 °, with a sharp dip and a thickness of the individual fault structures of 3 to 12 m. This vein-type ore with disseminated mineralization is typical for the eastern edge of the Moldanubicum (Hlisenkovský 1996).

Table 1. ED analyses of thorium minerals

wt %	1	2	3	4	5	6
MgO	-	-	-	-	0.88	-
Al ₂ O ₃	1.79	-	-	-	1.95	0.88
SiO ₂	1.94	0.66	1.37	-	13.28	11.62
P ₂ O ₅	31.97	30.58	29.72	32.44	11.99	5.87
CaO	11.88	4.35	3.72	8.34	5.93	1.66
V ₂ O ₅	-	-	-	-	4.71	-
FeO	1.91	-	-	1.35	0.41	6.92
La ₂ O ₃	-	0.88	8.63	-	-	-
Ce ₂ O ₃	2.99	9.10	21.98	3.33	-	0.41
Pr ₂ O ₃	0.77	-	-	-	-	-
Nd ₂ O ₃	1.97	12.27	8.87	2.34	-	0.64
Sm ₂ O ₃	-	4.60	-	-	-	-
Gd ₂ O ₃	-	3.19	-	-	-	-
PbO	-	0.97	-	2.57	-	-
ThO ₂	39.56	33.06	25.12	50.37	50.40	64.99
Total	94.78	99.66	99.41	100.75	89.55	92.99

1 – brockite (Budišov), 2 – cheralite-(Nd) (Brtná), 3 – cheralite-(Ce) (Staré Prachatice), 4 – brabantite (Lužnice), 5 – matamict vanadian brabantite (Rožmitál), 6 – phosphatic thorogummite (Valdek)

The fault filling consists predominantly of mylonitized, albitized and ferruginized durbachites. The richest thorium ore mineralization is present on central tectonic suture with a thickness of 0.5 - 1.5 m. There is a marked Th zone of cementation at the surface. An ore sample with 0.57 wt.% Th consist of 56 wt % of plagioclase (An_{11}), 13wt % K-feldspar, and relicts of chloritized biotite, quartz and hematite. Studies were carried out of brockite (Tab. 1.) ($a_0 = 6.9697(56)\text{\AA}$, $c_0 = 6.4249(66)\text{\AA}$) and sodium ferrimontmorillonite ($a_0 = 5.237(4)\text{\AA}$, $c_0 = 15.12(2)\text{\AA}$) intergrowths. Age of the brockite – montmorillonite mineralization was determined as 179 ± 7 Ma, using $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ isotopic ratio.

5 ECONOMIC EVALUATION

It can be concluded that Th-REE mineralization in orthogneisses from Staré Prachatice is of minor importance. Concerning Permian volcanites with low grade U-Th-V mineralization in Rožmitál near Broumov, attempts were made to extract uranium in 1973. The roughly estimated resources equal only 30 t Th and 150 t U. Th mineralization in pegmatites from Vlastějovice is without any economic importance. The metasomatic type (Valdek u Šluknova) has not been adequately studied and continued exploration can be recommended. Recent placers (Lužnice – Majdalena) with Ti-Zr-REE-Th-Nb association could hypothetically be mined as a by-product in mining of feldspar gravels (Mađour et al. 1992). The Ordovician paleo-placers with Ti-Zr-Th-REE association at the Brtná locality have not been adequately explored.

The vein type of Th mineralization in the Moldanubicum durbachites seems to be the most promising. On the basis of the results of uranium prospecting studies (Hlisnikovský 1996) using the method of geological blocks, reserves were calculated at the J_5 structure of 87 tons Th in the category Estimated Additional II, of which 61 t in the category of Estimated Additional I, with a productivity of 3.47 kg/m^2 . The Budišov locality can be recommended for preliminary exploration. The area of the “varied group” of the Moldanubicum or Th-rich Ordovician metamorphites in Western Bohemia can be recommended for prospecting study.

ACKNOWLEDGMENTS

This project was funded through the research program of the Ministry of Education No. 1131100005.

REFERENCES

- Drábek M., Drábková E., Hladíková J., Janoušek V. & Šarbach M. (1997): Chemical and isotopical composition of crystalline limestones from the Václav mine at Bližná. In: *Sborn. 75Y prof. Z. Pouba* Eds. Zachariáš J., UK, Pef Praha, p. 18-28. (in Czech)
- Goliáš V., Palatinus L., Chvátal M. & Klementová M. (2001): Thorium phosphates of the rhabdophane group and phyllosilicates intergrowths. *Materials Structure*, 8, 1. 50. (in Czech)
- Hlisnikovský K. (1996): Final report on the results of prospecting study for U ore at the Budišov region MS DIAMO, GEAM Dolní Rožínka. (in Czech)
- Chlupáčová M., Kašparec I. & Kropáček V. (1991): Radioactivity of young volcanics of the Bohemian Massif p. -In: SCEAVR, Symposium Abstracts Eds. Pačesová M., Praha.
- Křištiak J. & Zális Z. (1994) Database of radioactive sites of the Czech Uranium Industry MS, Geofond Praha
- Leichmann, J., Štelcl, J. & Zachovalová, K. (1997): A Highly Radioactive Syenite from the Moldanubian Zone (Western Moravia). *J. Czech geol. Soc.*, 42 (3), 63.
- Kundrát M. & Lepka F. (1998): Rare earths in the Barrandian aleuropelites. *Sbor., geol. Vid, Geol.* 48 p. 5-17 ĚGÚ, Praha. (in Czech)
- Mađour J., Procházka J. & Vavřín I. (1992): Zircon in sediments of the upper Lužnice River and its relationship to aeroradiometric anomalies *Geol. Průzk.* 34, 5. 129 – 131. (in Czech)
- Mochnacka K. & Banas M. (2000): Occurrence and genetic relationships of uranium and thorium mineralization in the Karkonosze Izera Block (the Sudety Mts., SW Poland). *Annal. Soc. Geol. Polon.* 70, 2, 137 – 150.
- Ondáček J. (1996): Strážecký oblouk – sever. Final report on the results of prospecting study for U ore. MS DIAMO, GEAM Dolní Rožínka. (in Czech)
- Peták L. (1986): Study of the conditions for accumulation of thorium in the Western part of the Stráž deposit. UK, Pef diplom work. MS, Archiv DIAMO. (in Czech)
- Scharmová M. & Scharm B. (1994): Rhabdophane group minerals in the uranium ore district of northern Bohemia (Czech Republic). *J. Czech geol. Soc.* 39 (1994) p. 267-280
- Scharmová M. & Scharm B. (1999): Thorium mineralization at Šluknov. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz.* (Praha). p. 131-139 (in Czech)
- Sulovský P. (2001): Accessory minerals of the Třebíe durbachite massif (SW Moravia). *Mineralia Slovaca*, 33, 5. 467 – 472.
- Sulovský P. & Hlisnikovský K. (2001): Thorium mineralization in alkali feldspar syenite of the nordmarkite-type dyke in the Třebíe Pluton (Czech Republic). *Mitteilungen der Österr. Mineral. Gesellschaft*. 146, 280-282.