

- WASS S. Y. (1979): Multiple origin of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks. - *Lithos*, 12, 115-132.
 YODER H. S. Jr. (1979): Melilitite-bearing rocks and related lamprophyres, 391-411. In: H. S. YODER Jr. ed. *The evolution of igneous rocks. - 50th Anniversary perspectives.* - Princeton Univ. Press, Princeton.
 YODER H. S. Jr. (1986): Potassium-rich rocks: Phase analysis and heteromorphic relation. - *J. Petrol.*, 27, 1215-1228.

KRYSTALOCHEMIE MINERÁLŮ SKARNU Z VLASTĚJOVIC NAD SÁZAVOU

VLADIMÍR ŽÁČEK¹⁾, PAVEL POVONDRA²⁾

¹⁾ Český geologický ústav, Malostranské nám. 19, 118 21 Praha 1

²⁾ Katedra mineralogie, geochemie a krystalografie na Přírodovědecké fakultě
 Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 43 Praha 2

Abstrakt: Pro hlavní horninotvorné minerály vlastějovického skarnu - granáty, pyroxeny, amfiboly, epidot, magnetit, biotit a titanit jsou uvedeny výsledky petrografického, chemického a rentgenografického výzkumu. Granáty jsou bohaté grosularitou a andraditovou složkou, přičemž podíl jejich almandinové složky vzrůstá od středu k okrajům skarnu. Pyroxen patří do skupiny diopsid - hedenbergitové s obsahem 1.08 - 9.3 % MgO, čemuž odpovídají členy s podílem 7 - 54 % diopsidové složky. Epidot je dvojitý, primární a žilný, poslední je bohatý železem. Magnetit je velmi čistý, výrazně ochuzený o TiO_2 . Skarnové těleso je lemováno granát - biotit - amfibol - křemen - žilcovými hybridními horninami, vzniklými při regionální metamorfóze. Granát těchto hornin je výrazně zonální s velkým množstvím inkluzí hlinitého titanitu v jádrech idroblastů. Amfibol z okrajových hybridů i z reakčních lemů pegmatitových žil odpovídá hastingsitu. Biotit hybridních hornin je blízký siderofylitu. Skarnové těleso je obohaceno Ni, Co, Cu, Cr, Mo, V, W, Sn a As.

ÚVOD

Většina dosavadních prací o vlastějovickém skarnu se zabývá hlavně jeho geologickou situací a petrologií; intenzivně byly také studovány zdejší pegmatity. Cílem naší práce je krystalochemické zpracování hlavních skarnových minerálů a jejich vzájemných vztahů. Vychází z výsledků diplomové práce ŽÁČKA (1985), rozšířených studiem dalších objektů.

NÁSTIN GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ

Geologickou pozici skarnového tělesa a hlavní petrografické typy skarnu popsal podrobně KOUTEK (1950, 1959, 1964). Celou oblast v širším okolí Vlastějovic geologicky zmapovali ČECH a KOUTEK (1954). Širší okolí Vlastějovic je budováno značně pestrými katazonálními metamorfity moldanubika. Převládají částečně migmatizované, dvojslídné pararuly s akcesorickým sillimanitem,

granátem a turmalínem. Hojně jsou vločky amfibolitu a kvarcitu; u Budčic bylo zjištěno osamocené malé těleso eklogitu. Dvojlůdná ortorula tvoří jedno velké a několik menších těles. Skamnová tělesa jsou vázána na mohutnou synklinální strukturu jejíž osa má směr SSV - JJZ. Největší jsou dvě tělesa v jižní části ortorulové synklinály, a to těleso "Holého vrchu" dnes otevřené velkým lomem a severněji položené těleso "Magdalenské". Skamnová tělesa jsou tvořena hlavně grosular - andraditovým granátem, pyroxenem, epidotem a magnetitem. Při okrajích těles přistupují amfibol, biotit a granát s převládající almandinovou složkou. V současné době je lomovou těžbou odkryto téměř celé těleso "Holého vrchu", zatímco podzemní díla v nichž byl v minulosti těžben magnetit, jsou již vesměs nepřístupná. Kromě západní části skamnového tělesa (Holý vrch) je odkryt i jeho kontakt s pláštěm. Na J a V převládá parula s četnými (ložními) polohami ortoruly decimetrových až metrových mocností. V severní části lomu převládá světlá ortorula, obsahující však nejméně dvě polohy paruly alespoň 10 m mocné. Kontakty ortoruly s parulou jsou vždy konkordantní a ostré. Folie hornin tvořících plášť skarnu má generální směr SV - JZ a zřejmě kopíruje průběh skarnového tělesa. Ve východní části lomu se foliace obloukovitě stáčí na SSV až S. Sklon kolísá v rozmezí 30-70°, nejčastěji 40-50°. V severní části lomu se foliace blíží směru V - Z a sklon je velmi strmý (70-85°) k severu. KOUTEK (1950) uvádí, že v severní části je skarnové těleso omezeno velkou dislokací o strmém sklonu k jihu. Přítomnost této poruchy v lomu ověřena nebyla. Pokud je vyvinuto páskování skarnu, bývá i při kontaktu paralelní s páskováním rul. Na rozhraní skarn - rula jsou časté směrné poruchy a dracená pásma, místy i rotované budiny skarnových hornin v rulách. Velmi časté jsou zlomy i mohutná drcená pásma směru SSV - JJZ až S - J se sklonem 40-70° k V. Dále jsou hojně zlomy směru SV - JZ až S - J se sklonem kolem 70° k Z.

METODIKA VÝZKUMU

Skarnové minerály byly studovány hlavně opticky, chemicky, rentgenograficky a spektrochemicky. Hustota některých minerálů byla stanovena metodou dvojího vážení (vzduch - xylem) postupem popsaným POVONDROU (1989); uváděné hodnoty jsou průměrem dvou měření. Horniny byly analyzovány rentgenovou fluorescencí. Z celkového počtu 48 analýz je 39 ze sběrového materiálu autorů a 9 z materiálu dr. S. Vrány (VRÁNA, 1987).

Materiál pro výzkum byl sbírán v letech 1983-1984 v lomu na Holém vrchu. Některé vzorky poskytl prof. F. Čech. Jednotlivé materiály byly separovány pod binokulární lupou ze zrnitostní frakce 1 - 4 mm; magnetit byl separován magneticky ze zrnitostní frakce 0.04 - 0.1 mm. Deset chemických analýz minerálů provedl druhý z autorů (P. P.). 5 analýz bylo vyhotoveno v laboratoři POLDI-SONP v Kladně L. Soj-kou (Z-12-16). Minerály z 5 leštěných nábrusů byly analyzovány na mikroanalýzátoru ARL SEMQ v laboratořích Ústředního ústavu geologického v Praze za těchto podmínek: urychlovací napětí 15 kV, přírodní standardy - granát (Si, Al, Fe), biotit

(K), kaersutit (Ti), pyroxmangit (Mn), amfibol (Na, Ca, Mg). Změřené hodnoty byly korigovány programem BENCE-ALBEEHO (1968), rozšířeného o korekci na chod přístroje, pozadí a mrtvou dobu detektorů. Analytik J. Fryda a Z. Kourba. Spektrochemicky byly sledovány tyto prvky: Ag, Al, As, Au, B, Be, Bi, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, Ir, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Nb, Os, P, Pb, Pd, Pt, Ru, Sb, Sc, Si, Sn, Ta, Th, Ti, W, V, Y, Yb, Zn a Zr. Použitý spektrograf PGS - 2, generátor ABR - 3. K výpočtu mřížkových parametrů studovaných minerálů bylo použito dat získaných rentgenovou práškovou difraktoografií: difraktograf DRON 2, záření CuK_α resp. CoK_α ; posun goniometru 1/2°/minuta; Si, NaCl, CaF_2 a SiO_2 vnitřní standardy. K indexování difrakcí byly použity tabulky JCPDS. Parametry byly vypočteny programem BURNHAMA (1962) v Ústavu teorie informace a automatizace ČSAV. K identifikaci některých minerálů bylo použito i práškové metody podle Guiniera-de Wolffa (záření CuK_α , CoK_α).

MINERÁLNÍ PARAGENEZE

Vedle hlavní skarnové asociace, která je popsána v další kapitole, obsahuje skarnové těleso řadu více či méně nezávislých, samostatných asociací vzniklých v různých etapách jeho geologického vývoje. Jejich podrobný popis však není cílem naší studie a proto jsou charakterizovány jen přehledně.

Velmi blízké složení skarnu jsou žíly mladšího klinopyroxenu doprovázené hlavně epidotem a granátem. V dutinách těchto žil se vyskytují až 2 cm velké sloupcovité krystaly tohoto pyroxenu společně s 1-5 cm velkými krystaly epidotu a s drobnějšími krystaly granátu. Pyroxen je místy při povrchu krystalů amfibolizován. Někdy bývají žíly zcela vyplněny kalcitem. Nejmladším minerálem je tu křemen, který vykřystaloval ve vláskovitých trhlínách a po odleptání kalcitu se jeví jako tenká "krajka". Nechojně se vyskytl apatit v 2-10 mm velkých, nažloutlých i špinavě bílých, dobře vyvinutých krystalech (foto 1); byl určen rentgenograficky. Minerální sukcese těchto žil je: pyroxen - epidot - granát - apatit - kalcit - křemen. Mřížkový parametr granátu - $a = 1.946(5) \cdot 10^{-10}$ m ukazuje na vysoký obsah andraditové (nad 50 %) a velmi nízký obsah almandinové složky (obr. 2b, vzorek Z-41).

Specifickým jevem jsou vlastějovické pegmatity. Mineralogickým složením se výrazně liší od pegmatitů z okolních rulových terénů; byly popisovány mnohými autory (KATZER, 1904; SELLENER, 1926; KOUTEK, 1950; VAVŘÍN, 1962; ČUJAN, 1966). V lomu na Holém vrchu jsou velmi hojné. Převládají typy sčastým fluoritem, allanitem a produkty jeho rozkladu (BOUŠKA *et al.*, 1960). MRÁZEK a VRÁNA (1984) popsali z pegmatitových žil 1-3 mm velké hnědé krystaly hliníkem bohatého titanitu. Nově byl v pegmatitech zjištěn uraninit, thorit a mikrolit (REZEK a KRIVÝST, 1985). Na počátku 80. let byla těžbou zajištěna pegmatitová žíla s elbaitem (rubelitem), bavenitem, datolitem a danburitem (MRÁZEK a VRÁNA, 1984; F. ČECH, *úst. sděl.*).

Ojedinele byly při severním okraji skamového tělesa zastížený až 5 cm mocné čočkovité žíly s krystaly křemene, prehnitem a apofylitem (ŽÁČEK, 1985). Křemen tvoří 1-3 cm velké krystaly, na které narůstají čiré nebo nazelenalé, soudečkovité, dobře vyvinuté 1-2 mm velké krystaly prehnitu (foto 2) a bílý, lupenitý či paprskovitý apofylit. Oba minerály byly určeny rentgenograficky. Prehnit bývá jako nejmladší minerál i v některých pegmatitových žilách.

Antimonové zrudnění nalezené na 8. a 9. patře v západní části dolu na žilách doprovázejících mylonitová pásma bylo popsáno KOUTKEM a ŽÁKEM (1951, 1953). Žíly měly přibližně S - J směr a strmý úklon k východu. V křemen - kalcitové žilovině převládal stěbelnatý berthierit nad antimonitem, při okrajích žil se vyskytl zrnitý gudmundit a arsenopyrit. Obdobné žíly s berthieritem se vyskytly několikrát v lomu na Holém vrchu.

Vedle zmíněných asociací se vyskytují ještě samostatné žíly kalcitu, často s kry-
taly v dutinách (TURNOVEC, 1968) a žíly celistvého, mléčného křemene průměrně
10-20 cm mocné.

Seznam studovaných vzorků je uveden v dodatku.

MINERÁLY SKARNŮ

Skam je tvořen hlavně granátem a pyroxenem s podřízeným epidotem a magnetitem. Zmíněné minerály vytvářejí buď monominerální partie nebo různé variety páskovaného skamu. Při okrajích přistupují amfibol, biotit a křemen. Nejčastějšími minerálními asociacemi jsou: pyroxen + granát; pyroxen + granát + magnetit; pyroxen + granát + epidot; pyroxen + amfibol; amfibol + biotit + granát; granát + křemen + biotit. Z vedlejších minerálů se vyskytují: kalcit, křemen, živce, pyrit, hematit, fluorit, allanit, apatit, titanit, rutil a zirkon. Z nich mnohé mohou mít epigenetický charakter (část kalcitu, křemene, živců, pyrit, fluorit); mnohé jsou pouze akcesoriemi. Ze skamových minerálů byly podrobně studovány granáty, pyroxen, amfibol, epidot, biotit, magnetit a titanit.

GRANÁTY Jsou nejhojnější skamovými minerály. V hrubých rysech je můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na granáty hlavní skamové masy a na granáty okoloslkamových hybridů. Jak bude uvedeno níže, často můžeme mezi oba typy položit ostrou hranici, někdy je však toto dělení problematické. Největší podíl zaujímají granáty vlastního skamového tělesa. Vytvářejí celistvé, masově červéné granátovce nebo tvoří pásky s pyroxenem a epidotem. Byly analyzovány dva vzorky "monominerálního" granátovce (tab. 1, č. 18, 19) a vzorek krystalovaného granátu z trhliny skamu (tab. 1, č. 20). Granáty se vyznačují převahou grosularové složky nad andraditovou a nízkým podílem složky almandinové (7-14 %). Podobné složení, jen s výraznějším obsahem grosularové složky mají granáty z granatopyroxenového páskovaného skamu (tab. 1, č. 16, 17). Nejvyšší podíl andraditové složky (48 %) má krystalovaný granát (č. 20), který je chudý almandinovou (6 %)

Table 1. Chemical composition of garnets

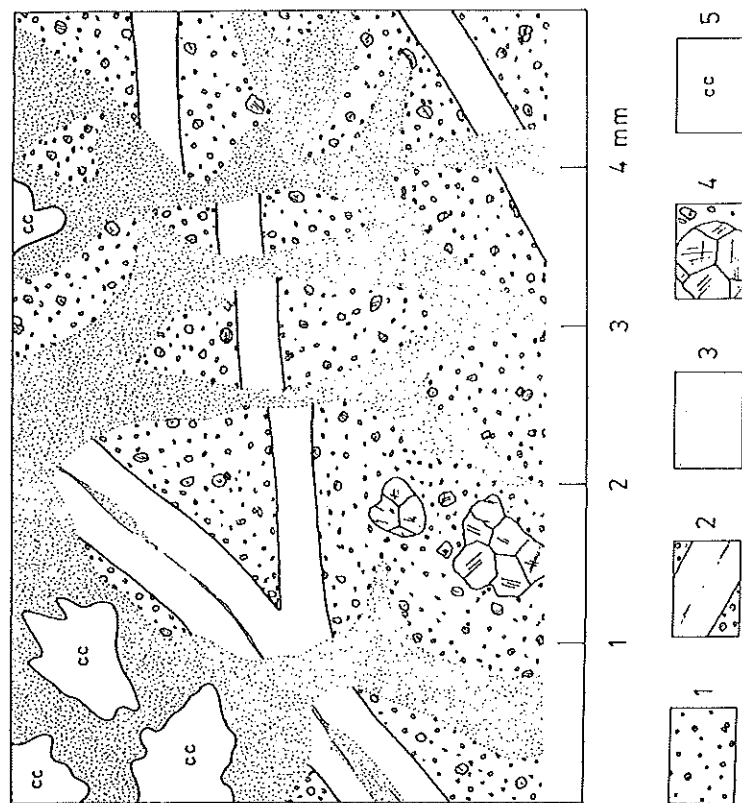
Chemical element	Z-28/1(M)		Z-28/4(X)		Z-30/2(M)	
Si	2.978	3.016	2.976	3.002	3.039	3.102
Ti	0.008	0.010	0.000	0.007	0.020	0.017
Al	1.952	1.927	1.919	1.960	1.687	1.718
Fe ⁺	0.071	0.091	0.030	0.044	0.342	0.254
Fe ⁰	1.485	1.625	1.934	2.103	0.835	0.921
Mg	0.030	0.035	0.048	0.143	0.026	0.032
Mn	0.415	0.249	0.026	0.078	0.051	0.051
Cu	1.104	1.115	0.607	0.680	2.064	1.953
Suma	8.044	8.043	8.031	8.016	8.130	8.048
mol. % koncových členů						
mol. % end - members						
Gross	32.9	32.0	29.2	20.5	51.0	53.2
And	3.5	4.5	3.9	2.2	16.9	12.9
Alm	48.9	53.7	64.6	70.0	27.4	31.1
Sp	13.7	8.2	0.9	2.6	3.9	1.7
Py	1.0	1.2	1.1	4.8	0.9	1.1
measured a, vypočet a, hodnota mřížkového parametru						
measured a, and calculated a, value of unit-cell dimension						
	11.658	11.651	11.638	11.590	11.768	11.784
	11.658	11.651	11.638	11.590	11.768	11.784

(K1) - bodová analýza, (S) - klasická analýza, c - sifed, r - okraj
(K1) - mikroprobe analysis, (S) - wet analysis, c - core, r - rim

Tabulka 1. Pokračování

H ₂ O																							
a _v	11.788(4)											11.812											
	11.793	11.812	11.697	11.681	11.539	11.875	11.846	11.907	11.876(8)	11.912(4)	1.55												
Gros	55.7	58.1	34.8	31.2	7.1	70.2	60.5	47.2	52.3	43.7													
Andr	16.8	10.7	10.7	10.4	0.3	23.8	24.1	44.3	35.0	6.0													
Alm	24.8	27.7	45.3	52.3	88.8	5.4	13.5	6.7	10.2	47.9													
Sp	1.3	1.0	8.3	0.7	0.8	0.5	1.5	0.7	1.1	1.6													
Py	1.4	2.7	0.8	0.7	3.0	0.1	0.4	1.1	1.4	0.7													
Suma	8.123	8.090	8.045	8.023	8.001	8.247	8.243	7.924	7.982	8.029													
Ca	2.199	2.090	1.345	1.224	0.221	2.958	2.653	2.695	2.611	2.788													
Mn	0.039	0.029	0.046	0.157	0.091	0.016	0.012	0.031	0.041	0.022													
Mg	0.042	0.081	0.025	0.020	0.091	0.002	0.012	0.031	0.041	0.022													
Fe ²⁺	0.753	0.838	1.340	1.539	2.643	0.169	0.423	0.011	0.258	0.179													
Fe ³⁺	0.340	0.216	0.212	0.205	0.004	0.499	0.505	1.078	0.749	0.978													
Al	1.684	1.811	1.760	1.758	2.030	1.599	1.887	1.099	1.296	1.058													
Ti	0.019	0.011	0.016	0.012	0.027	0.000	0.016	0.021	0.021	0.022													
Si	3.049	3.015	3.097	3.112	2.954	3.004	2.998	2.967	2.975	2.932													
Suma	98.41	100.44	100.31	101.02	98.83	102.39	101.78	99.06	100.73	99.29													
CaO	25.58	24.99	15.75	14.40	2.51	35.87	31.67	31.28	30.80	31.60													
MnO	0.58	0.44	3.65	2.34	0.33	0.24	0.73	0.32	0.48	0.71													
MgO	0.35	0.70	0.21	0.17	0.74	0.02	0.10	0.26	0.35	0.18													
Fe ₂ O ₃	15.79	15.82	22.96	25.97	38.48	99.61	13.42	0.16	3.90	2.60													
Fe ₂ O ₃	17.81	19.68	18.73	18.80	20.94	17.62	17.23	11.60	12.60	15.80													
Al ₂ O ₃	0.31	0.18	0.16	0.12	0.43	0.00	0.28	0.34	0.35	0.35													
TiO ₂	38.00	38.62	39.22	39.22	35.91	39.02	38.35	36.90	37.60	35.60													
Z-30/3(M)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20													
c HVD-8(M)	r	r	c	r	Z-1(S)	HVD-10(M)	HVD-9(M)	Z-6(S)	Z-15(S)	Z-12(S)													

a pyropovou (0.7 %) složkou. Ve výbrusech se jeví granátovce často jako pestrá asociace s několika generacemi tohoto minerálu a s množstvím inkluzí. Obr. 1 (foto 3) zachycuje mikroskopický obraz hnědočerveného masivního granátovce s vtroušeným pyroxenem a s drobnými uzavřeními kalcitu. Jako nejstarší se jeví skoro bezbarvý granát (1) s velkým množstvím drobných, silně korodovaných pyroxenových uzavření a s množstvím jen 0.002-0.003 mm dlouhých jehliček neurčitých optických vlastností. Kontinuitu předchozího granátu porušují žilky narůžovělého, anomálně anizotropního granátu (2), 0.05-1 mm mocné, ostře ohraničené, bez uzavření, často rozmrštěné. Touto osnovou proniká v husté nepravidelné síti nejmladší oranžový granát (3), který porušuje kontinuitu žilek (2), místy s mikroskopickými zlomy. Největší akumulace oranžového granátu (3) jsou v okolí mladších pyroxenových a kalcitových proniků. V jiných výbrusech byl zjištěn oranžový granát jen s drobnými relikty bezbarvého granátu. Oranžový granát je pravděpodobně totožný s granátem tvořícím krystaly na trlinách skarnu (tab. 1, č. 20).



Obr. 1. Ideální mikroskopický obraz masivního granátovce. 1. Téměř bezbarvý granát s uzavřeními pyroxenu. 2. Růžový granát v ostře ohraničených žilkách. 3. Difúzní proniky oranžového granátu. 4. Pyroxen. 5. Kalcit.

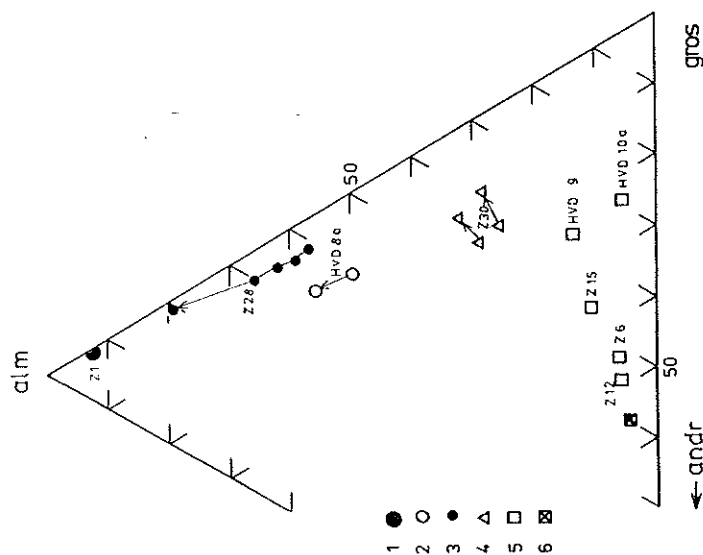
Granát z pásků s epidotem byl studován na elektronové mikroskopě (tab. 1, č. 35, 36). V páscích epidotu je granát podřadný, vytváří izometrické xenoblasty nebo nepravidelné agregáty hojně uzavírající epidot. Granát je zřetelně zonální (obr. 3), s mírným nabohacením středů MnO a oduzením MgO. Podíl almandinové složky kolísá od 25 do 31 % s maximem na okraji xenoblastů, převládá však grosularová složka (51-58 %). Andraditová složka je přítomná v množství 11-17 % s maximem ve středu xenoblastů. Je pravděpodobné, že tento granát vznikl z epidotu v re-dukčním prostředí (NĚMEC, 1971).

Výraznou skupinu tvoří granáty z pestrého komplexu hybridních hornin při okraji skarnového tělesa. Z jejich analýz vyplývá nárůst podílu almandinové složky směrem k okraji skarnu (srv. minerální složení vzorků HVD-8, Z-28 a Z-1 s jejich chemismem; tab. 1, č. 1-8, 13-15). V okrajovém pyroxenovém skarnu se objevují xenoblasty novotvořeného granátu vždy lemované amfibolem, neboť granát s převahou almandinové složky je s pyroxenem v nerovnováze (NĚMEC, 1971). Nejčastější jsou hybridy tvořené vedle granátu hlavně amfibolem a biotitem. Studované granáty z tohoto typu hybridů vytvářejí až 3 mm velké, výrazně zonální idioblasty s charakteristickým nahlučením titanitových inkluzí v jejich středech (foto 4, tab. 1, č. 1-8). Koncentrace prvků v profilu 1 mm velkým idioblastem (obr. 4) je velkou charakteristická pro granáty amfibolitové facie (např. TRACY, 1982); nabohacení MnO při okrajích zrna lze interpretovat jako výsledek slabé retrogradní metamorfózy. Podíl almandinové složky vzrůstá výrazně od středu (49 %) k okraji zrna (76 %), a to hlavně na úkor složky grosularové (33-19 %). Podíl spesartinové složky je nejvyšší ve středu, prudce klesá směrem k okraji zrna až skoro na nulu, ale u samého kraje opět narůstá na 3-4 %; podíl pyropové složky klesá od okrajů prudce a ve středu je již vyrovnaný.

Granát z okrajových granát - křemen - biotitových hybridů (tab. 1, č. 15) obsahuje 89 % almandinové a 7 % grosularové složky. Je opticky slabě zonální, pravděpodobně se stejným trendem složení jako vzorek Z-28 (viz výše).

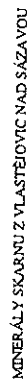
Chemické složení vlastějovických granátů v diagramu andradit - grosular - almandin (obr. 2a) vykazuje trend od členů grosular-andraditového složení ve středu skarnu k členům bohatým almandinovou složkou při jeho okrajích. Poměrně dobrou představu o zastoupení hlavních složek dává i hodnota mřížkového parametru. Na obr. 2b jsou vyneseny vedle mřížkových parametrů analyzovaných granátů ještě mřížkové parametry dalších, chemicky neanalyzovaných granátů (srv. petrografické popisy). Nedořešeným problémem zůstává složení hlavní masy granátů skarnového tělesa "granátovců", které se skládají nejméně ze tří generací granátů, pravděpodobně značně rozdílného chemismu; chemické analýzy poskytují obraz o jejich průměrném složení.

PYROXEN Vedle granátu je hlavní součástí skarnu. Je drobnozrný až jemnozrný o velikosti zrna 0,1-1,5 mm. Vytváří monominerální partie nebo pásy spolu s ostatními



Obr. 2a. Chemické složení granátů v diagramu almandin-grosular-andradit. 1. Granát z křemen-granátové pecky z okraje skarnu. 2. Granát z okrajového biotit-amfibol-granátového skarnu. 3. Granát z pyroxen-granátového skarnu s amfibolem. 4. Granát z pásků epidotů v granát-pyroxenovém skarnu. 5. Granáty granátovců a granát-pyroxenových skarnů ze středu skarnového tělesa. 6. Granátovec, podle KOUČKA (1950).

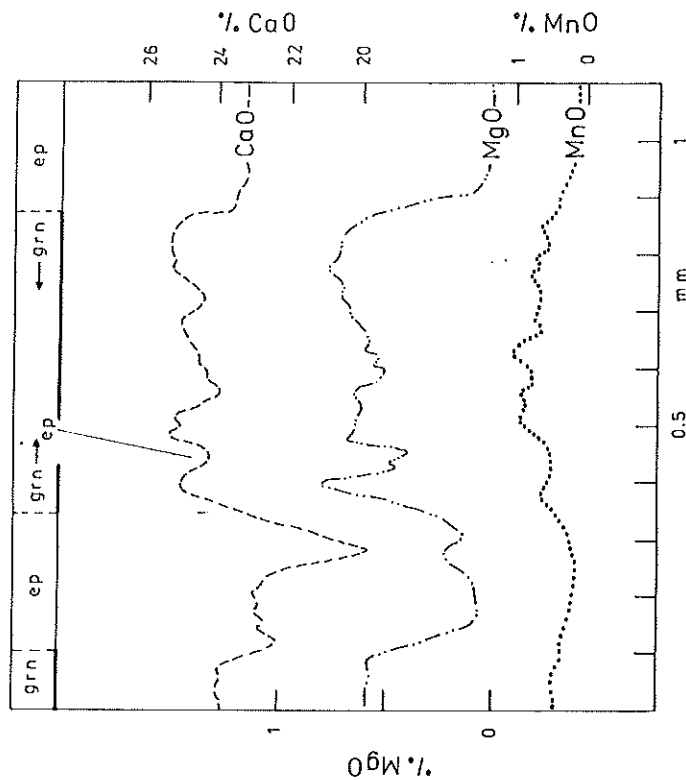
minerály. Ve výbrusech jsou patrné agregáty hypidiomorfních izometrických zm s typickou dlažební strukturou (foto 5); granátem je pyroxen korodován. Je pleochroický; tmavozelené typy jsou zonální s tmavším okrajem. Odlišnou konzistencí se liší jablečné až olivově zelené pyroxeny cukrovitého vzhledu a pyroxeny téměř černé barvy. Světlejší typy bývají jemnozrnější, často drobné (foto 6), zatímco černé jsou pevnější a jejich zrna se při drcení vzorků nerozpojují, nýbrž látnou (foto 7). Všechny analyzované vzorky náležejí řadě diopsid-hedenbergitové a významují se velmi nízkými obsahy TiO_2 - od 0 do 0,05 % (tab. 2, č. 23-32). Chemicky zjištěné vyšší obsahy TiO_2 jsou zřejmě ovlivněny vrostlými titanitit, který byl mikroskopicky zjištěn ve většině studovaných vzorků. Nízký, ale stálý je obsah



Obr. 2b. Porovnání mřížkových parametrů granátů s jejich chemickým složením v diagramu almandin-grosular-andradit X - mřížkové parametry chemicky analyzovaných granátů, Y - mřížkové parametry chemicky neanalyzovaných granátů. Použité symboly viz obr. 2a.

Al_2O_3 (0.5-1.4 %) a Na_2O (0.35-0.65 %); množství K_2O je pod 0.01 %. Obsahy MgO kolísají v rozmezí 1.08-9.3 %, čemuž odpovídají členy spodlem 7-54 % diopsidové složky o hustotě 3.63-3.41. Největší část pyroxenů odpovídá hořečnatému hedenbergitu s 20-40 % podílem diopsidové složky. Studium na elektronové mikrosondě byla ověřena zonálnost pyroxenů s trendem růstu obsahů Fe, Mn a Al od středu k okrajům (tab. 2, č. 23-25). Rozdíly složení středu od okraje jsou poměrně výrazné (41-26 % diopsidové a 1.4-2.1 % johannsenitové složky. Analýza žilného pyroxenu (foto 8, tab. 2, č. 33) vykazuje vysoký obsah Fe_2O_3 , alkálií a vody, značný je deficit vápníku. Je to způsobeno navětráním vzorku a patrně též slabou amfibolizací povrchu krystalů.

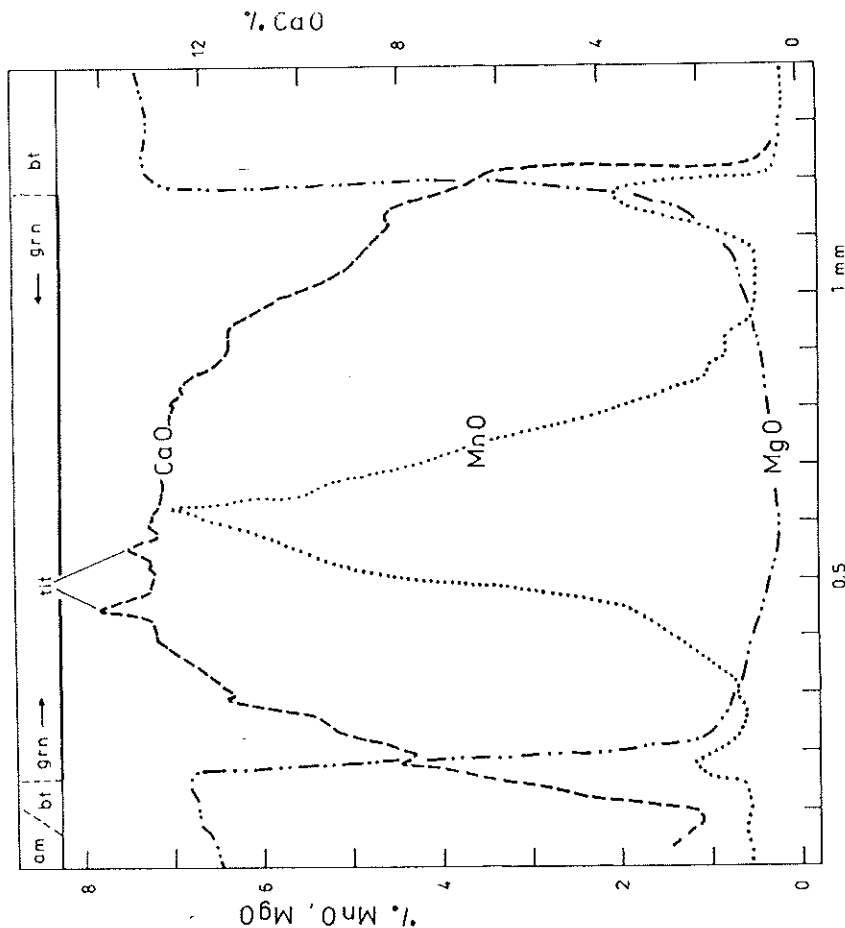
EPIDOT Ve Vlastějovicích lze rozlišit dva jeho typy, a to primární, skarnový a žil-
ný. Skarnový epidot je žlutězelený, velmi jemnozrný, tvoří pásy spolu s ostat-
ními skarnovými minerály. Pásy jsou buď téměř monominerální, několik mm až



Obr. 3. Koncentrace Ca, Mg a Mn v profilu znem granátu z páska epidozitu v granát-pyroxenovém skamu (vzorek Z-30). gm - granát, ep - epidot.

50 cm mocné nebo se na nich podílí také granát nebo pyroxen. Ve výbrusech tvoří epidot agregát světle žlutozelených, slabě pleochroických hypidiomorfních zm o velikosti 0.1-0.3 mm. Vůči granátu je omezen většinou xenomorfně, místy je dobře patrné zatláčování epidotu granátem. Ve vzorku Z-30 je epidot (tab. 2, č. 36, 37) v asociaci s granátem s převahou grosularové a almandinové složky (tab. 1, č. 9-12); poměry složek grosular : almandin jsou 1.7-2.2. Je pravděpodobné, že tento granát vznikl z epidotu v redukčním prostředí při regionální metamorfóze (NĚMEC, 1971). Tuto možnost podporuje i přítomnost drobných inkluzí titanitu v granátu i v epidotu.

Chemické analýzy geneticky mladšího epidotu z pyroxen - granát - epidot - kalcitových žil jsou uvedeny v tab. 2, č. 34, 35; jednu analýzu epidotu tohoto typu uvádí také PALIVCOVÁ (1972). Srovnáním analýz obou typů epidotů je patrné, že epidot ze žil je méně obohacen železem na úkor hliníku. Ke stejnému výsledku došel NĚMEC (1971) při studiu epidotu západomoravských skamň.



Obr. 4. Koncentrace Ca, Mg a Mn v profilu znám granátu z okrajového biotit-amfibol-granátového skarnu (vzorek Z-28). grn - granát, bt - biotit, am - amfibol, tit - titanit.

MAGNETIT Tento minerál byl jako ruda po více než čtyři staletí středem ekonomického zájmu a jeho přítomnost obrátila na vlastějovický skarn pozornost prvních badatelů (SCHMIDT v. BERGENHOLD, 1880; KATZER, 1904; HRABÁK, 1909). První analýzu magnetitové rudy publikoval SELLSNER (1926). Podle KOUTKA (1950) má hlavní těleso magnetitu na Holém vrchu tvar ploché čocky směru V - Z, ukloněné k S. V lomu byl magnetit zastížen na 3. etáži v roce 1988 jako 3-4 m mocná poloha jednozrnité lité rudy, tektonicky postižené, výrazného koškovitého rozpadu. Kromě toho je magnetit jako běžná přísěs rozptýlen v mnohých typech skarnových hornin. Při výhodném okraji skarnového tělesa byl nalezen magnetit v 1-3 mm velkých oktaedrických idiomorfních zrnkách.

Tabulka 2. Chemické složení skarnových minerálů
Table 2. Chemical composition of skarn minerals

minerál vzorek č. anal.	titanit		c 23	pyroxen Z-30/4(M)		r 25
	Z-28/1 21	Z-28/2(M) 22		24		
SiO ₂	29.78	29.45	49.60	50.22	47.43	
TiO ₂	32.74	32.13	0.00	0.00	0.03	
Al ₂ O ₃	3.59	3.63	0.53	0.54	1.38	
Fe ₂ O ₃						
FeO	1.06	1.28	18.38	19.00	21.96	
MgO	0.00	0.02	6.77	6.83	4.30	
MnO	0.15	0.17	0.28	0.41	0.53	
CaO	27.06	26.88	21.61	22.29	21.74	
Na ₂ O	0.02	0.05	0.65	0.52	0.52	
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
H ₂ O ⁺						
F						
H ₂ O ⁻						
Suma	94.40	93.62	97.81	99.82	97.95	
-0=2F						
S						
přepočet na základě N (O, OH, F) atomic ratio on the basis of N (O, OH, F)						
N	5	5	6	6	6	6
Si	1.026	1.024	1.989	1.980	1.944	
Ti	0.848	0.841	0.000	0.000	0.001	
Al	0.146	0.149	0.025	0.025	0.067	
Fe ³⁺	0.031	0.037	0.616	0.626	0.753	
Mg	0.001	0.000	0.405	0.401	0.363	
Mn	0.004	0.005	0.010	0.014	0.018	
Ca	0.999	1.002	0.929	0.941	0.955	
Na	0.001	0.003	0.051	0.040	0.041	
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
OH						
F						
Suma	3.054	3.062	4.024	4.028	4.042	
mřížkové parametry (10 ⁻¹⁰ m) unit-cell dimensions (10 ⁻¹⁰ m)						
a						
b						
c						
V						

(M) - bodová analýza, (S) - klasická analýza, c - střed, r - okraj
(M) - microprobe analysis, (S) - wet analysis, c - core, r - rim

Tabulka 2. - pokračování (1)
Table 2. - cont. (1)

	pyroxen HVD-8(M) 26	pyroxen HVD-9(M) 27	pyroxen Z-10(S) 28	pyroxen Z-8(S) 29	pyroxen Z-14(S) 30
SiO ₂	50.22(48)	50.59(07)	51.41	51.17	48.25
TiO ₂	0.07(02)	0.04(01)	0.047	0.018	0.55
Al ₂ O ₃	1.20(66)	0.91(01)	1.01	1.43	1.20
Fe ₂ O ₃			2.62	1.37	1.70
FeO	24.49(03)	22.17(37)	11.82	12.43	14.90
MgO	3.04(15)	6.21(08)	9.30	8.79	7.30
MnO	0.80(01)	0.31(03)	0.35	0.16	0.43
CaO	21.69(12)	23.37(58)	23.34	22.89	22.70
Na ₂ O	0.27(05)	0.39(01)	0.33	0.57	0.50
K ₂ O	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁻					
F			0.00	0.10	0.40
H ₂ O ⁺			100.237	98.938	97.94
S	101.78	103.99			
-O=2F					
Suma					

přepočten na základě N (O, OH, F)
atomic ratio on the basis of N (O, OH, F)

N	6	6	6	6	6
Si	1.984	1.942	1.965	1.979	1.932
Ti	0.002	0.001	0.001	0.001	0.017
Al	0.056	0.041	0.045	0.065	0.057
Fe ³⁺			0.075	0.040	0.051
Fe ²⁺	0.809	0.712	0.378	0.402	0.499
Mg	0.179	0.355	0.530	0.507	0.436
Mn	0.027	0.010	0.011	0.005	0.015
Ca	0.918	0.961	0.956	0.948	0.974
Na	0.021	0.029	0.024	0.043	0.039
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH					
F					
Suma	3.996	4.051	3.986	3.990	3.945

mřížkové parametry (10⁻¹⁰ m)
unit-cell dimensions (10⁻¹⁰ m)

a			9.789(2)	9.781(3)	9.782(3)
b			8.964(2)	8.955(3)	8.957(3)
c			5.256(1)	5.253(2)	5.252(3)
V			105.56(1)	105.58(2)	105.53(2)
			444.2(3)	443.2(4)	443.4(4)

Tabulka 2. - pokračování (2)
Table 2. - cont. (2)

	pyroxen Z-16(S) 31	pyroxen Z-11(S) 32	pyroxen Z-9(S) 33	epidot HVD-10(M) 34	epidot Z-2(S) 35
SiO ₂	48.80	49.00	48.45	39.00	37.16
TiO ₂	0.15	0.014	0.007	0.14	0.09
Al ₂ O ₃	0.50	1.30	2.09	24.04	22.55
Fe ₂ O ₃	2.20	3.32	5.78		13.62
FeO	20.30	22.75	17.05	13.98	0.70
MgO	3.60	1.08	4.54	0.02	0.10
MnO	1.48	0.38	0.41	0.07	0.10
CaO	21.90	20.94	19.63	22.87	22.78
Na ₂ O	0.40	0.35	0.65	0.00	0.21
K ₂ O	0.01	<0.01	0.05	0.00	0.13
H ₂ O ⁺			0.43		1.89
F					0.028
H ₂ O ⁻	0.16	0.32	0.82		0.04
S	99.74	99.46	99.91	100.13	99.40
-O=2F					-0.01
Suma					99.39

N	6	6	6	12	13
Si	1.970	1.989	1.917	2.981	2.992
Ti	0.005	0.000	0.000	0.008	0.005
Al	0.024	0.062	0.097	2.166	2.140
Fe ³⁺	0.067	0.101	0.172		0.912
Fe ²⁺	0.685	0.772	0.564	0.894	0.047
Mg	0.217	0.065	0.268	0.002	0.012
Mn	0.051	0.013	0.014	0.005	0.007
Ca	0.947	0.911	0.832	1.873	1.965
Na	0.031	0.027	0.050	0.000	0.033
K	0.000	0.000	0.003	0.000	0.013
OH			0.114		1.015
F					0.007
Suma	3.995	3.943	4.030	7.928	9.062

a	9.813(9)	9.834(5)	9.803(4)		8.893(5)
b	8.985(8)	9.000(5)	8.983(4)		5.630(4)
c	5.249(5)	5.270(3)	5.266(3)		10.167(6)
V	105.42(6)	105.23(4)	105.42(3)		115.51(3)
	446.2(11)	450.0(6)	447.0(5)		459.4(8)

Tabulka 2. - pokračování (3)

Table 2. - cont. (3)

	epidot Z-30/5(M)		amfibol Z-28/3(M)		
	36	37	38	39	40
SiO ₂	38.33	38.65	42.64	41.46	41.38
TiO ₂	0.14	0.12	0.47	0.64	0.61
Al ₂ O ₃	24.40	24.20	9.95	10.03	10.83
Fe ₂ O ₃					
FeO	11.68	11.69	25.55	25.69	25.90
MgO	0.00	0.02	6.09	5.90	6.38
MnO	0.08	0.10	0.22	0.20	0.20
CaO	23.39	23.29	9.20	9.00	8.80
Na ₂ O	0.00	0.00	1.71	1.77	1.78
K ₂ O	0.67	0.00	0.58	0.74	0.68
H ₂ O ⁺					
F					
H ₂ O ⁻	98.48	98.05	96.41	95.42	97.55
S					
-O=2F					
Suma					
N	12	12	23	23	23
Si	2.968	2.991	6.713	6.627	6.493
Ti	0.008	0.007	0.056	0.077	0.072
Al	2.208	2.205	1.846	1.890	2.003
Fe ³⁺					
Fe ²⁺	0.756	0.757	3.364	3.434	3.530
Mg	0.000	0.002	1.429	1.406	1.492
Mn	0.005	0.007	0.029	0.027	0.026
Ca	1.940	1.931	1.552	1.541	1.479
Na	0.000	0.000	0.522	0.549	0.542
K	0.066	0.000	0.116	0.151	0.136
OH					
F					
Suma	7.953	7.899	15.627	15.701	15.773
a					
b					
c					
V					

průměr 3 analýz (č. 41)

Tabulka 2. - pokračování (4)

Table 2. - cont. (4)

	amfibol HVD-8(M)		amfibol Z-4(S)		amfibol Z-5(S)		amfibol Z-13(S)	
	41	42	43	44	45	46	47	48
SiO ₂	38.26(64)	38.47	38.85	37.93	37.50			
TiO ₂	0.82(05)	0.64	0.39	0.39	0.45			
Al ₂ O ₃	11.71(48)	12.15	12.06	12.20	11.50			
Fe ₂ O ₃			6.96	8.93	7.40			
FeO	31.29(61)	30.78	21.87	21.50	19.00			
MgO	1.17(13)	1.01	2.44	2.52	4.45			
MnO	0.49(07)	0.68	0.50	0.38	0.53			
CaO	11.04(06)	11.10	10.45	10.73	11.10			
Na ₂ O	0.83(02)	0.82	1.48	1.63	1.50			
K ₂ O	2.59(11)	2.13	1.92	2.04	1.30			
H ₂ O ⁺			1.61	1.72	1.51			
F			0.72	0.69	0.10			
H ₂ O ⁻			0.17	0.08	0.34			
S			99.42	100.74	96.68			
-O=2F			-0.30	-0.29	-0.04			
Suma	98.20	97.81	99.12	100.45	96.64			
N	23	23	24	24	24			
Si	6.238	6.262	6.305	6.103	6.149			
Ti	0.101	0.082	0.048	0.047	0.055			
Al	2.250	2.331	2.307	2.314	2.222			
Fe ³⁺			0.849	1.079	0.912			
Fe ²⁺	4.266	4.190	2.968	2.893	2.605			
Mg	0.284	0.245	0.590	0.604	1.088			
Mn	0.068	0.094	0.069	0.052	0.074			
Ca	1.929	1.936	1.817	1.849	1.950			
Na	0.262	0.259	0.466	0.509	0.477			
K	0.539	0.442	0.397	0.419	0.272			
OH			1.743	1.846	1.651			
F			0.370	0.351	0.052			
Suma	15.937	15.841	17.927	18.068	17.507			
a								
b								
c								
V								

průměr 3 analýz (č. 41)

Tabulka 2. - pokračování (5)
Table 2. - cont. (5)

	biotit Z-28(M)		magnetit Z-3(S)
	46	47	48
SiO ₂	34.77	35.19	
TiO ₂	1.95	1.97	0.11
Al ₂ O ₃	15.05	15.14	1.47
Fe ₂ O ₃			66.21
FeO	27.84	28.78	29.79
MgO	7.40	7.46	0.13
MnO	0.11	0.07	0.06
CaO	0.00	0.00	0.24
Na ₂ O	0.14	0.15	1)
K ₂ O	7.93	7.46	
H ₂ O+			
F			insol. 1.36
H ₂ O-			99.40
S			
-O=2F			
Suma	95.19	96.24	
N	12	12	4
Si	3.009	3.011	0.003
Ti	0.127	0.127	0.067
Al	1.535	1.527	1.936
Fe ₃ +	2.015	2.059	0.969
Fe ₂ +	0.954	0.951	0.008
Mg	0.008	0.005	0.002
Mn	0.000	0.000	0.010
Ca	0.023	0.025	
Na	0.875	0.814	
K			
OH			
F			
Suma	8.546	8.915	2.995
a			8.388(7)
b			
c			
V			590.1(1.4)

1) 0.01 % ZnO

$$\frac{W_f}{W_f + W_o} = \frac{7.1499}{0.32}$$

v pyroxenu, spolu s 0.X - 1 mm velkými zrnky tmavě červeného granátu, vždy lemovanými anfibolem. Podobný typ magnetitu popsal i KOUTEK (1950).

Analýzován byl jemnozrný magnetit částečně prorostlý masově červeným granátem s vtroušeným pyroxenem (tab. 2, č. 48). Vysoký obsah Zn (až 2.6 %), uváděný KOUTKEM (1964) v některých magnetitech, v námi zkoumaném vzorku zjištěn nebyl. Ve vzorku Z-30 bylo podle plošné distribuce Ti zjištěno intenzívně prorůstání titanem velmi chudého magnetitu s fází bohatou Ca, Ti, Al (asi titanitem). Je pravděpodobné, že chemicky zjištěný obsah titanu v magnetitu, ač sám o sobě nízký (0.11 %), je z větší části způsoben přítomností velmi drobných inkluzí nebo lamel titanitu.

AMFIBOLY Jsou význačnými minerály okoloskarnových hybridů, pegmatitových žil a jejich reakčních lemů. Směrem od kontaktu do středu skarnového tělesa množství amfibolu rychle klesá, ve vlastním skarnovém tělese je zastoupen sporadicky nebo zcela chybí. Hybridní horniny s anfibolem jsou velmi pestré, vzájemně do sebe přecházející a směrem ke kontaktu se mění jejich složení. Následující příklad ukazuje změnu minerální asociace asi na třech metrech směrem k okraji skarnového tělesa: granát - pyroxenový skam s akcesorickým anfibolem; anfibol - biotit - granátový hybrid; podobná hornina s převahou biotitu; hybrid anfibol-živcový (drcený); hybrid s převahou K-živce a amfibolu nad plagioklasem a křemenem (Koutkův "pseudodiorit"); ortorula.

Ve výbrusech je anfibol omezen xenomorfně až idiomorfně, je výrazně pleochroický; zatlačuje často pyroxen. Analýzován byl anfibol z asociace s biotitem a almandinovým granátem (tab. 2, č. 38-40) a anfibol z pyroxen-granátového skarnu (tab. 2, č. 41, 42). Amfiboly z obou vzorků se vyznačují značnou homogenitou v rámci horniny. Obsah MgO kolísá v rozmezí 1-7 % a zřejmě koresponduje s obsahem MgO v původním pyroxenu. Obsah alkálií kolísá v rozmezí 0.82-1.78 % Na₂O a 0.58-2.59 % K₂O; amfiboly s vyšším obsahem MgO jsou bohatší Na₂O a chudší K₂O. Obsah TiO₂ je poměrně stálý (0.5-0.8 %).

Podobné složení jako amfiboly z okrajových partií skarnu mají amfiboly z reakčních lemů pegmatitových žil nebo přímo z pegmatitů. Vytvářejí nápadné 1-10 cm velké, černé, hrubě štěpné metakrystaly (tab. 2, č. 43-45). Jsou poněkud chudší TiO₂ (0.4 %). Zajímavý je vysoký obsah Zn (X %), zjištěný spektrálními analýzami (tab. 3).

Podle klasifikace LEAKEA (1978) odpovídají vlastějovické amfiboly hastingsitu, hastingsitickému amfibolu až hořečnatému hastingsitu.

BIOTIT Co do kvantity je podíl biotitu ve skarnovém tělese nízký. Biotit je vázán na úzké, několik decimetrů, výjimečně metrů mocné zóny na okraji skarnového tělesa, kde tvoří společně s anfibolem, almandinovým granátem, křemenem a dalšími minerály pestrou škálu proměnlivých hybridních hornin. Druhou formou výskytu jsou reakční leny některých pegmatitových žil. Studován byl biotit z okoloskarnových hybridů (vzorek Z-28). Mikrosondové analýzy prokázaly jen malé

kolísání chemismu biotitu (tab. 2, č. 46-47), oproti okolnímu granátu výrazně obohacení TiO_2 a ochlazení MnO . Při srovnání s biotity různých skamových lokalit (NĚMEC 1969) je složení vlastějovického biotitu blízké hoříckému chudým členění z almandin-biotitových okolo-skamových hybridů z lokalit Věchnov, Snrček, Pernštejn a Županovice. Analýzovaný biotit se blíží svým chemismem siderofylitu. TITANIT Kvantitativní zastoupení titanitu ve skarnu je v celku nepatrné. Titanit je běžnou akcesorií zjištěnou mikroskopicky hlavně v granátu a v epidotu. Analýzovaný titanit (tab. 2, č. 21, 22) vytváří ve středech granátových idioblastů shluky nepravidelných inkluzí 0.005-0.02 mm velkých (foto 4). Obsahuje zvýšený podíl Al_2O_3 (kolem 3.5 %). Hliníkem bohatý titanit (až 9.3 % Al_2O_3) byl popsán také z pegmatitových žil (MRÁZEK a VRÁNA, 1984).

Chemická data některých minerálů byla doplněna i stanovením jejich hustot. Tyto hodnoty doplněné o hustoty vypočtené jsou v tabulce 5.

DISTRIBUCE MINORITNÍCH PRVKŮ

Chemické analýzy hlavních složek 10 separovaných minerálů byly doplněny o stanovení minoritních prvků spektrální analýzou (tab. 3) a pro 10 vzorků hornin jsou uvedeny výsledky rentgenfluorescenčních analýz (tab. 4). Těchto 10 hornin nebylo chemicky analyzováno na hlavní složky.

Celkem je patrné obohacení skarnu oproti okolním rulám o Ni, Co, Cu, Cr, Mo, V, W, Zn, Sn, As; distribuce jednotlivých prvků se však velmi liší. Kobaltem a niklem je nejbohatší magnetit s poměrem $\text{Co/Ni} = 2$, zatímco ostatní horniny (včetně rul), vykazují poměr $\text{Co/Ni} < 1$. Obsah Cr ve skarnu je oproti parafule zvýšený až 3.5x; chromem nejbohatší je však neskamovaný amfibolit (vzorek V-20). Obsah Mo je výrazně vyšší ve všech skamových horninách. Zvýšené jsou i obsahy V a W, a to hlavně v magnetitu; vyšší obsah V (153 ppm) vykazuje ortorula. Velmi nerovnoměrné jsou obsahy Sn. Celkově výrazně zvýšené jsou obsahy Zn, nejvyšší byly zjištěny v některých pegmatitových amfibolech.

Většina minoritních prvků je vázána pravděpodobně v obecných minerálech než v samostatných fázích. Například zinek může být výrazně koncentrován v amfibolu (zinečnatý hastingsit) i v klinopyroxenu (petedunnitová komponenta - $\text{CaZnSi}_2\text{O}_6$), cín v granátu nebo v titanitu (příměs malayitové složky - CaSnSiO_6), apod. Kromě magnetitu, který koncentruje řadu prvků (Co, Cr, Cu, Mo, W, V, Ni) a zinečnatého hastingsitu nebyla zjištěna přímá závislost vazby minoritního prvku na určitý skamový minerál. Většina prvků zřejmě pochází z předmetamorfických zdrojů, k redistribuci došlo jednak při regionální metamorfóze, jednak v souvislosti se vznikem žil mladšího pyroxenu, který vykazuje proti primárnímu pyroxenu vyšší obsahy Zn a Pb (tab. 3). Také zinek z reakčních amfibolových lenů pochází spíše ze skarnu než z pegmatitu.

Tabulka 3. Spektrální analýzy skarnových minerálů																						
	Ag	Al	As	B	Bi	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Si	Sn	Ti	V	Zn
pyroxen (Z-10)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
pyroxen (Z-8)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
pyroxen (Z-11)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
pyroxen (Z-9)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
granat (Z-6)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
granat (Z-1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
epidot (Z-2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
amfibol (Z-4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
amfibol (Z-5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
magnetit (Z-3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

X - (>1%), + - (0.1-1%), o - (0.01-0.1%), • - (<0.01%)

Tabulka 4. Rentgenfluorescenční analýzy vzorků hornin																					
	ppm	As	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	Mn	Mo	Nb	Ni	Rb	Sb	Sn	Sr	U	V	W	Y	Zn	Zr
1.	11	0	206	173	208	0	1436	39	1	106	23	6	0	0	0	0	213	39	1	92	14
2.	7	0	0	34	99	0	1723	11	2	77	0	14	0	89	105	1	99	20	14	828	57
3.	5	3	47	98	125	0	8935	19	3	47	13	13	0	89	89	0	132	9	12	54	75
4.	9	0	0	0	0	0	2001	13	2	67	0	14	0	0	0	0	151	9	16	36	69
5.	12	0	85	196	158	4	4421	20	7	89	6	13	44	0	0	0	0	22	22	116	142
6.	5	230	37	33	112	7	1725	12	4	81	178	13	65	831	3	122	12	10	195	7	
7.	0	490	5	47	51	12	475	0	10	58	106	17	15	0	0	0	91	5	29	48	97
8.	8	392	35	395	112	10	1295	2	3	218	33	33	295	0	0	0	71	7	29	79	70
9.	0	337	0	0	0	0	169	0	12	22	22	15	15	0	0	0	153	4	45	15	79
10.	0	868	1	0	0	0	220	0	13	45	98	16	16	149	1	56	4	39	21	201	7

SOUHRN

Vlastějovický skarn patří do skupiny regionálně metamorfovaných vápenatých skarnů známých z moravské části moldanubik a z Krušnohoří. Autoři četných prací zabývajících se problematikou skarnů Českého masívu předpokládají jejich vznik jak regionální metamorfózou sedimentárních resp. vulkanosedimentárních železných rud (ZOUBEK, 1946; PERTOLDOVÁ, 1986), tak kontaktní metasomatózou vápenců (KOUTEK, 1950; NĚMEC, 1979, 1988; ZEMÁNEK, 1959). Problematiku shrnují a diskutují LEGLER a BAUMANN (1983). Studium vlastějovických minerálů, zvláště granátů, ukázalo na mimořádnou komplikovanost zdánlivě homogenních fází. Poměrně jasně lze vymezit soubor hornin typických pro asociace vzniklé regionální metamorfózou, jako jsou zonální almandin - biotit - amfibolové hybridy skarnu a jeho pláště, vyvinuté při okrajích skarnového tělesa. Větší část skarnu je však tvořena "primární" asociací, grossular-andraditovým granátem s podružným podílem almandinové složky, pyroxenem, epidotem a magnetitem. Existence nejméně tří výrazně opticky odlišných generací granátů v této "primární a předmetamorfnní" asociaci však svědčí o jejím polygenetickém vývoji. Systematické sledování stopových a vzácných prvků ve spojení s detailním mikrosondovým studiem a studiem izotopů stabilních prvků přinesou jistě více světla do problematiky regionálně metamorfovaných skarnů, pro jejíž řešení má vlastějovický skarn významné postavení.



Foto 1. Krystal apatitu nasedající na krystalovaný klinopyroxen.

Tabulka 5. Hustoty vybraných minerálů z Vlastějovic
Table 5. Densities of selected minerals

minerál vzorek	hustota teor. hustota
pyroxen Z-10	3.450 3.407(8)
pyroxen Z-8	3.442 3.462(30)
pyroxen Z-11	3.550 3.635(34)
pyroxen Z-9	3.499 3.369(27)
granát Z-6	3.700 3.619(9)
granát Z-1	4.187 4.049(10)
magnetit Z-3	5.123 4.942(15)
amfibol Z-4	3.468 3.362(16)
amfibol Z-5	3.573 3.379(4)
epidot Z-2	3.473 3.444(5)
density theor. density	

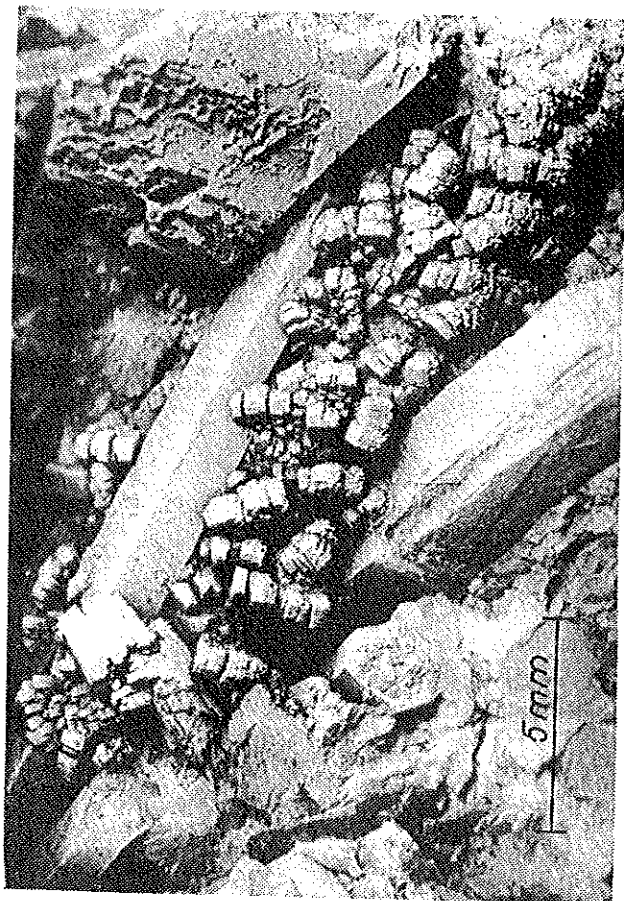


Foto 2. Krystalovaný přeběh v dutině křemenné žilky (poběheno NH_4Cl).



Foto 3. Mikrofoto granátovce s hojnými uzavřenými pyroxeny a s žilkou mladšího granátu porušenou drobnou tektonickou (nikol).

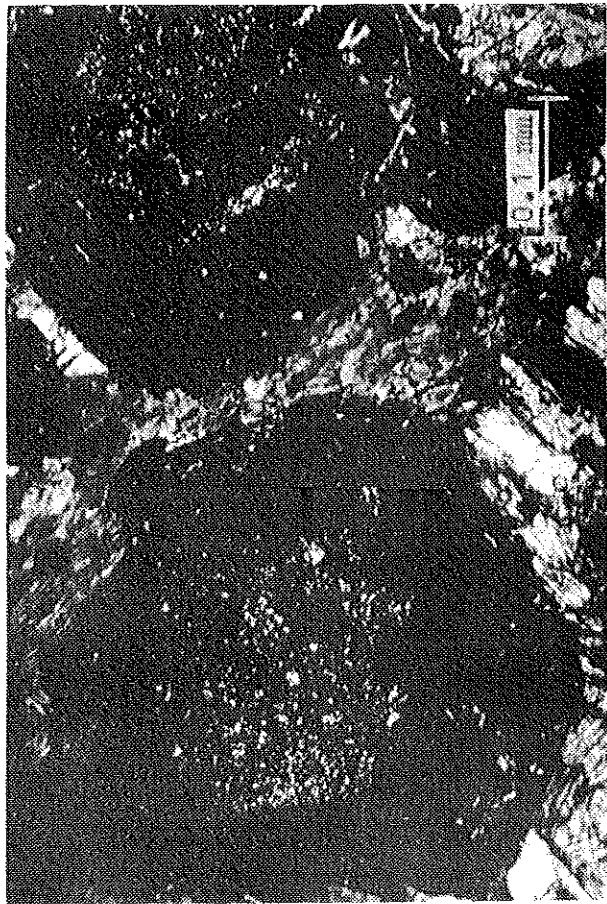


Foto 4. Idioblasty granátu z okrajového biotit-amfibol granátového skarnu s mračky titanitových inkluzí v centru (nikoly x).

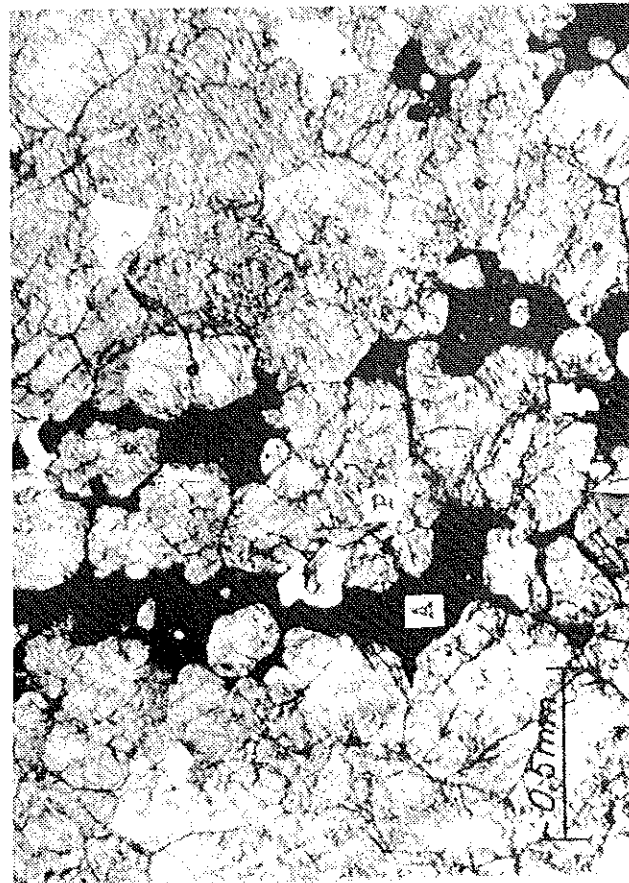


Foto 5. Světlezelený pyroxen je zatačován silně pleochroickým amfibolem; P - pyroxen, A - amfibol.

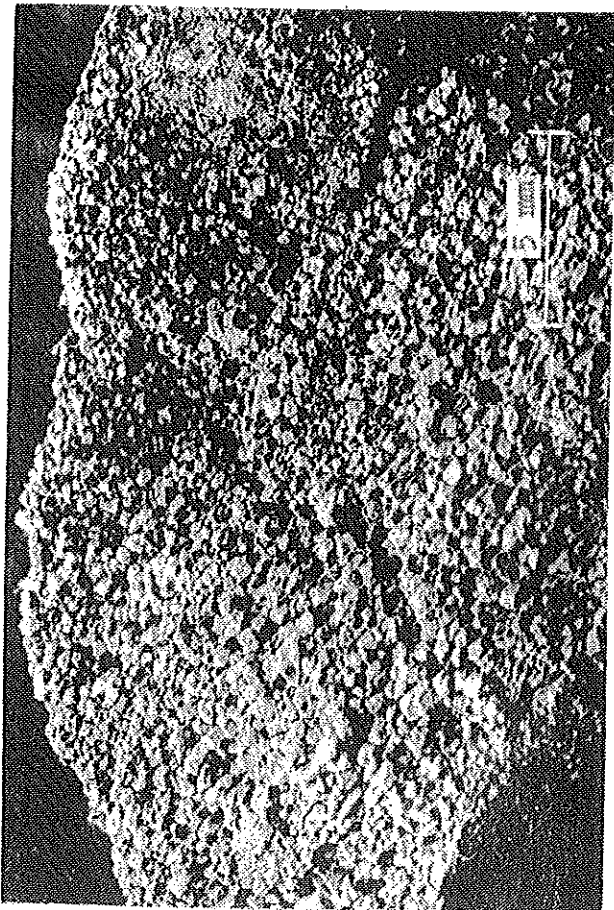


Foto 6. Lomná plocha zrnitého pyroxenu s mírnou převahou diopsidové komponenty (poběheno NH_4Cl).

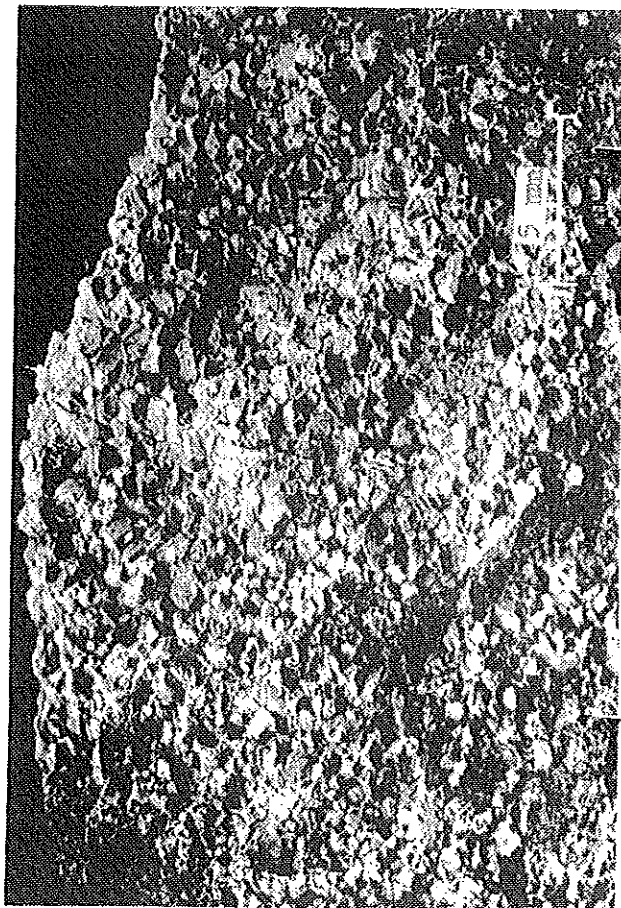


Foto 7. Lomná plocha zrnitého pyroxenu bohatého hedenbergitovou komponentou (poběheno NH_4Cl).



Foto 8. Krystalovaný pyroxen v dutině pyroxenové žíly (poběheno NH_4Cl).

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme srdečně všem, kteří nám pomohli v naší práci. Dr. S. Vrána (ÚÚG) nám poskytl některé studijní materiály a dal k dispozici své nepublikované údaje. Dr. J. Frýdovi (ÚÚG) vděčíme za většinu mikrosondových analýz, pan L. Sojka (Poldi-SONP Kladno) zhotovil několik silikátových analýz. Fyzikální stanovení provedli Dr. A. Ždímera (RTG-difrakce), pan A. Škop (SPA) a Ing. M. Veis (RFA). Za kritické zhodnocení rukopisu pak děkujeme prof. Dr. F. Čechovi, DrSc., který byl rovněž vedoucím diplomové práce prvního z autorů.

Rukopis předložen 1. února 1990

MINERALS FROM THE SKARN AT VLASTĚJOVICE NEAR LEDEČ NAD SÁZAVOU, CENTRAL BOHEMIA, CZECHOSLOVAKIA

VLADIMÍR ŽÁČEK, PAVEL POVOONDRA

The skarn bodies at Vlastějovice belong among regionally metamorphosed calciferous skarns rich in magnetite. They consist mainly of garnet, pyroxene, amphibole, epidote, magnetite and biotite. These minerals were studied microscopically, chemically and by X-ray powder methods. In the garnets from the central part of the skarn complex dominate grossular and andradite components (Table 1, Nos. 16-20). The development of the garnets was polyphase in character (Fig. 1). The content of the almandine component increases towards the contact of the skarn complex and predominates in the border zone garnets (Fig. 2A, B; Table 1, Nos. 18, 13-15). The latter garnets exhibit a pronounced zoning (Fig. 4) with characteristic accumulation of inclusions of Al-rich titanite in cores of the idiomorphs (photograph 4). The pyroxene of diopside-hedenbergite series is both primary, fine-grained (photographs 6, 7) and younger in veinlets. The content of the diopside component fluctuates between 7 and 54 % (Table 2, Nos. 23-25). Epidote is either primary, and is richer in FeO, MnO and Al₂O₃ along margins (Table 2, Nos. 23-25). Epidote is either primary, fine-grained, or younger in veinlets (Table 2, Nos. 34-37). Epidote from veins is slightly enriched in FeO at the expense of MgO. In places, it is replaced by garnet. Magnetite forms larger bodies (to 5 m) and small inclusions in the skarn. It is quite pure, poor in TiO₂ and slightly enriched in Co, Cr, Cu, W, V, Ni (Table 2, No. 48, Tables 3, 4). Amphibole occurs along borders of the skarn complex and at contacts with pegmatite veins corresponds to hastingsite or magnesiohastingsite (Table 2, Nos. 38-45). In places it has high contents of Zn (Table 3). Biotite is infrequent and occurs together with amphibole (Table 2, Nos. 46, 47); its composition is close to that of siderophyllite. In general, the skarn is enriched in Ni, Co, Cu, Cr, Mo, V, W, Sn, and As, compared with the surrounding gneisses (Tables 3, 4).

Fig. 1. An idealized microscopic picture of massive garnet. 1. Nearly achromatic garnet with inclusions of pyroxene. 2. A pinkish garnet in sharp bordered veinlets. 3. Diffusion wedging out of orange garnet. 4. Pyroxene. 5. Calcite.

Fig. 2a. Chemical composition of garnets in the diagram almandine-grossular-andradite. 1. Garnet from quartz-garnet nodule from the skarn border. 2. Garnet from biotite-amphibole-garnet border skarn. 3. Garnet from pyroxene-garnet skarn with amphibole. 4. Garnet from strips of epidote in garnet-pyroxene skarn. 5. Garnets of garnet rocks and garnet-pyroxene skarns from centre of the skarn body. 6. Massive garnet (KOUTEK, 1950).

Fig. 2b. Comparison of unit-cell dimensions and chemical composition of garnets in the diagram almandine-grossular-andradite. X - unit-cell dimensions of garnets analyzed chemically. Y - unit-cell dimensions of garnet that were not analyzed. For explanation see Fig. 2a.

Fig. 3. Compositional profile across a grain of garnet from an epidote strip in the garnet-pyroxene skarn (sample Z-30). gm - garnet, ep - epidote.

Fig. 4. Compositional profile across a grain of garnet from biotite-amphibole-garnet skarn from the border of the skarn body (sample Z-28). gm - garnet, bt - biotite, am - amphibole, tit - titanite.

Photo 1. Crystal of apatite sitting on crystals of clinopyroxene.

Photo 2. Crystals of prehnite in a vug in quartz gangue (shaded with NH₄Cl).

Photo 3. Photomicrograph of a garnet rock with abundant inclusions of pyroxene and veinlet of younger garnet affected by microtectonics (one Nicol).

Photo 4. A garnet idiomorph from a rim biotite-amphibole-garnet skarn containing clusters of titanite inclusions in its central part (crossed Nicols).

Photo 5. Light-green pyroxene replaced by a strongly pleochroic amphibole. P - pyroxene, A - amphibole.

Photo 6. Fractured surface of a pyroxene aggregate with dominating diopside composition (shaded with NH₄Cl).

Photo 7. Fractured surface of a pyroxene aggregate with dominating hedenbergite composition (shaded with NH₄Cl).

Photo 8. Crystals of clinopyroxene in a vug in a pyroxene vein (shaded with NH₄Cl).

LITERATURA

- BENCE A. E., ALBEE A. L. (1968): Empirical correction for the electron microanalysis of silicates and oxides. - J. Geol., 76, 382-403. Chicago.
- BOUŠKA V., ČECH F., JOHAN Z. (1960): Study of some Czechoslovak metamict orthites. - Acta Univ. Carol., Geol., 3-22. Praha.
- BURNHAM C. W. (1962): Lattice constant refinement. - Carnegie Inst. Wash. Year Book, 61, 132-135. Washington.
- ČECH V., KOUTEK J. (1954): Geologická mapa Československé republiky, list Vlasim. - Ústř. Úst. geol. Praha.
- ČUJAN J. (1966): Nález velkých krystalů záhnědy na skarnovém ložisku ve Vlastějovicích szs. od Ledče nad Sázavou. - Čas. Nár. Muz., Odd. přírodověd., 135, 232-233. Praha.
- HRABÁK J. (1969): Železářství v Čechách jindy a nyní. - Stran 380. F. Řivnáč Praha.
- KATZER F. (1904): Die Magnetisenerzlagerstätten von Maleschau und Hammerstadt. - Verh. K. - kón. geol. Reichsanst., 8, 193-200. Wien.
- KOUTEK J. (1950): Ložisko magnetovce skarnového typu u Vlastějovic v Posázaví. - Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. příř. Věd, 60, 27, 1-30. Praha.
- KOUTEK J. (1959): Hybridní horniny na magnetovcovém ložisku na Fiolníku u Vlastějovic v Posázaví. - Čas. Nár. Muz., Odd. přírodověd., 128, 1-4. Praha.
- KOUTEK J. (1964): Magnetovcová ruda magdalenská skarnové kry ve Vlastějovicích. - Žpr. geol. Výzk. v roce 1964, 39-41. Praha.
- KOUTEK J., ŽÁK L. (1951): Předěžná zpráva o žile s antimonovými rudami na magnetovcovém ložisku ve Vlastějovicích v Posázaví. Věst. Ústř. Úst. geol., 26, 358-359. Praha.
- KOUTEK J., ŽÁK L. (1953): Epigenetické Sb-rudy na magnetovcovém ložisku skarnovém ve Vlastějovicích v Posázaví. - Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol., 20, 593-612. Praha.
- LEAKE B. E. (1978): Nomenclature of amphiboles. - Canad. Mineralogist, 16, 501-520. Ottawa.
- LEGLER C., BAUMANN L. (1983): Bildungsmöglichkeiten kalksilikatischer Erzlagertstätten - ein Beitrag zur Skarnproblematik. - Z. geol. Wiss., 11, (12), 1417-1442. Berlin.
- MRÁZEK Z., VRÁNA S. (1984): Highly aluminian titanite from a plagioclase-fluorite pegmatite in skarn at Vlastějovice, Czechoslovakia. - Neu. Jb. Miner., Mh. 1984, 193-196. Stuttgart.
- NĚMEC D. (1969): Gümmen der regionalmetamorphen Skarne Westmährens. - Tschermaks mineral. petrogr. Mit., 13, 55-84. Wien.
- NĚMEC D. (1971): Genese der Grossular-Almandine und Grunerit-Cunningtonit in westmährischen Skarngesteinen. - Kristallinikum, 7, 95-117. Praha.
- NĚMEC D. (1979): Genese der regionalmetamorphen Skarne der Böhmisches Masse. - Chem. Erde, 38, 194-209. Jena.
- NĚMEC D. (1988): Assoziation regionalmetamorpher Skarne und Gneisen in der Böhmer Masse. - Arch. Lagerstättenforsch. Geol., B. A. 9, 95-102. Wien.
- PALIVCOVA Š. (1972): Krystalochemický výzkum některých epidotů. - MS, diplomová práce, přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- PERTOLDOVÁ J. (1986): Podmínky vzniku skarnů a ložiskách Pernštejn, Županovice a Nové Město pod Smrkem. - MS, kandidátská disertační práce, přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- POVOONDRA P. (1989): Hustota turalinu, její stanovení a význam. - Acta Univ. Carol., Geol., No. 4, 439-446. Praha.

- REZEK K., KRYST P. (1985): Předběžná zpráva o výskytu nerostů U-Th, Ti-Zr a Nb-Ta v pegmatitu na Holém vrchu u Vlastějovic, zsc od Ledče nad Sázavou. - Čas. Mineral. Geol., 30, 434. Praha.
- SELLNER F. (1926): Die Magnetitlagerstätte der Tschechoslowakischen Republik. - II. Hammerstadt (Vlastějovice). - Z. prakt. Geol. Lagerstättenkunde, 34, 164-169. Berlin.
- SCHMIDT v. BERGENHOLD J. F. (1880): Uebersichtliche Geschichte der Bergbau- und Hüttenwesens im Königreiche Böhmen etc. - 9. vyd., str. 259. Praha.
- TRACY R. J. (1982): Compositional zoning and inclusions in metamorphic minerals. In Characterization of metamorphism through mineral equilibria (FERRY J. M., editor). - Reviews in Mineralogy 10. Mineralogical Society of America. Washington.
- TURNOVEC I. (1968): Hydrotermální kalcitové žíly magdalenického skarnového ložiska u Vlastějovic nad Sázavou. - Čas. Národ. Muz., Odd. přírodověd., 137, 52-59. Praha.
- VAVŘÍN I. (1962): Pegmatity magdalenického skarnového ložiska u Vlastějovic nad Sázavou. - Sbor. Nár. Muz. Řada B, 18, (4), 89-105. Praha.
- VRÁNA S. (1987): Garnet-fassaltic pyroxene skarn from the granulite complex of southern Bohemia. - Věst. Ústř. Úst. geol., 62, 193-206. Praha.
- ZEMÁNEK V. (1959): Skarny v širokém okolí Přísečnice a Méděnce. - Sbor. Ústř. Úst. geol., 24, 241-312. Praha.
- ZOUBEK V. (1946): Poznámky k olázcce skamů, granulitů a jihočeských grafitových ložisek. - Sbor. St. geol. Ústav. Čs. Republ. 13, 483-489. Praha.
- ŽÁČEK V. (1985): Mineralogie skamu u Vlastějovic. - MS, diplomová práce, přírodovědecká fakulta. Praha.

PETROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA VZORKŮ

- HVD-8 Páskovaný, granát-pyroxenový skarn s podružným amfibolem (asi 2 %), křemenem, kalcitem a vzácně s epidotem. Granát je zonální, xenoblasty obsahují ve středu četné inkluze titanitu.
- HVD-9 Neostře páskovaný pyroxen-granátový skarn s obsahem asi 15 % magnetitu.
- HVD-10 Granátový skarn s žilkami epidotu.
- V-2 Granátová pecka z okrajových, křemen-biotitových hybridů. Převládají hustě nahloučené, 1-2 mm velké idioblasty almandinového granátu v křemenné matri.
- V-5 Jemnozrný, masivní, téměř čistý magnetit s podružnými pásky granátu a pyroxenu (pod 10 %).
- V-6 Granát-pyroxenový skarn s převládajícím trávově zeleným pyroxenem a s celistvým masově červeným granátem. Horninou pronikají paralelní vláskovitě žilky kalcitu.
- V-9 Masivní hornina z okraje skarnového tělesa tvořená amfibolem (asi 30 %), převládajícím živcem a křemenem (Koutkův "pseudodiorit").
- V-14 Dvojhládná migmatizovaná paralula, středně zrnitá, z jz. kontaktu.
- V-16 Jemnozrná narůžovělá ortorula s nehojnou obojí slídou, místy s hrubšími partiemi tvořenými křemenem a živcem.
- V-18 Okrajový skarn tvořený černým hrubozrným amfibolem s čelnými idioblasty granátu. Podružný je křemen a biotit.
- V-19 Masově červený granátovec s drobnými žilkami kalcitu.
- V-20 Jemnozrný, zelenočerný (neskarnový) amfibolit z defilé u Sázavy (asi 100 m z. od z. konce Vlastějovic).
- V-21 Černý, hrubě šlepný amfibol s živcem a křemenem z kontaktu pegmatitové žíly.
- Z-1 Granátová pecka z křemen-biotitových okrajových hybridů tvořená 2-3 mm velkými zonálními idioblasty almandinového granátu v křemenné matri. Akcesorický je opakní minerál, titanit a biotit.
- Z-2 Trávově zelený, hrubě šlepný epidot s křemenem a granátem (ze žíly).
- Z-3 Masivní, jemnozrný magnetit místy prorostlý masově červeným granátem s vtrošeným pyroxenem.
- Z-4 Hrubozrný agregát 5-20 mm velkých metakrystů amfibolu prorostlý křemenem a živcem. Z okrajové partie pegmatitu.
- Z-5 Asi 10 cm velký šlepný úlomek černého amfibolu z pegmatitu.
- Z-8 Jemnozrný, cukrovitý pyroxen, olivově zelený, místy prorostlý granátem.

- Z-6 Jemnozrný až celistvý masově červený granát se žilkami živce a s vtrošeným křemenem.
- Z-9 Drůža 0,5-2 cm velkých sloupcovitých krystalů pyroxenu v dutině pyroxenové žíly. Krystalové plochy jsou matné, pokryté vrstvičkou oxidu železa, místy jsou slabě amfibolizované. Na pyroxen narůstá krystalovaný apatit.
- Z-10 Jablečně zelený, jemnozrný cukrovitý pyroxen, velmi drobný s nepravidelnými agregáty celistvého granátu.
- Z-11 Drobnozrný pyroxen tvoří agregát makroskopicky skoro černých, izometrických 1-2 mm velkých zrn.
- Z-12 Až 1 cm velké krystaly granátu na trhlíně skarnu.
- Z-13 Černý amfibol tvoří až 2 cm velké idiomorfní metakrysty v křemen-zivcovém pegmatitu.
- Z-14 Jemnozrný černo-zelený pyroxen s nepravidelnými pásky granátu.
- Z-15 Celistvý, masově červený granát s jemnými trhlínami vyplněnými kalcitem. Na trhlínách tvoří granát drobové krystalky.
- Z-16 Drobnozrný, makroskopicky černý pyroxen tvoří agregát izometrických zrn, vtrošen je granát.
- Z-28 Drobnozrný až středně zrnitý biotit-amfibol-granátový skarnový hybrid z okraje tělesa, všesměrně zrnitý. Granát tvoří 1-3 mm velké zonální idioblasty s nahloučením titanitových inkluzí v jejich středu a zatlačuje amfibol a biotit. Sporadický je magnetit, křemen a živce.
- Z-30 Granát-pyroxen-epidotový páskovaný skarn - střídání pásek granát-pyroxenových s pásky granát-epidotovými. Pyroxen tvoří agregát hypidiomorfních izometrických zrn, zřetelně zonálních (tmavší okraj). Granát je světle oranžový, tvoří nepravidelné agregáty i izometrické xenoblasty v epidotu, který též často uzavírá.
- Z-41 Drobné, světle červené krystalky granátu narostlé na 1-3 cm velkých krystalech epidotu.
- Z-45 Granát tvoří 1-2 mm velké jasné červené xenoblasty v pyroxenovém skarnu, vždy lemované černým amfibolem.