

Retrográdně metamorfovaný eklogit od Čejkova u Nového Rychnova (Moldanubikum, Česká republika)

Retrogradely metamorphosed eclogite from Čejkov near Nový Rychnov (Moldanubian Zone, Czech Republic)

Jiří LITOCHEB^{1)†}, BLANKA ŠREINOVÁ^{1)*}, RADEK ŠKODA²⁾, PATRICIE HALODOVÁ³⁾ A MILAN FIŠERA⁴⁾

^{1)Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;}

[†]26. 2. 2014; *e-mail: blanka_sreinova@nm.cz

^{2)Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno}

^{3)Oddělení horninové geochemie, Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5}

^{4)Letenské náměstí 5, 170 00 Praha 7}

LITOCHEB J., ŠREINOVÁ B., ŠKODA R., HALODOVÁ P., FIŠERA M. (2014) Retrográdně metamorfovaný eklogit od Čejkova u Nového Rychnova (Moldanubikum, Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 22, 2, 311-325. ISSN 1211-0329.

Abstract

Two types of retrograde metamorphosed eclogite from Čejkov were investigated. The first type is pyroxene-bearing amphibolite with pseudomorphs after garnet (Ca-amphibole, clinopyroxene, plagioclase, orthopyroxene) without a visible structure of the original eclogite. The second type is retrograde metamorphosed eclogite with Ca and Fe-Mg-Mn-Li-amphibole, garnet, plagioclase and orthopyroxene that contain abundant clinopyroxene-plagioclase and orthopyroxene-plagioclase symplectites after omphacite (up to c. 75 vol. %). The symplectite rims garnet grains (pseudomorphs after garnet) and it is a common feature in both rock types representing changes from eclogite to amphibolite-granulite facies conditions.

Key words: *geology, petrology, eclogite, amphibole, clinopyroxene, orthopyroxene, plagioclase, garnet, ilmenite, rutile, quartz, symplectites, chemical composition, Čejkov locality, Czech Republic*

Obdrženo: 11. 6. 2014; přijato: 3. 11. 2014

Úvod

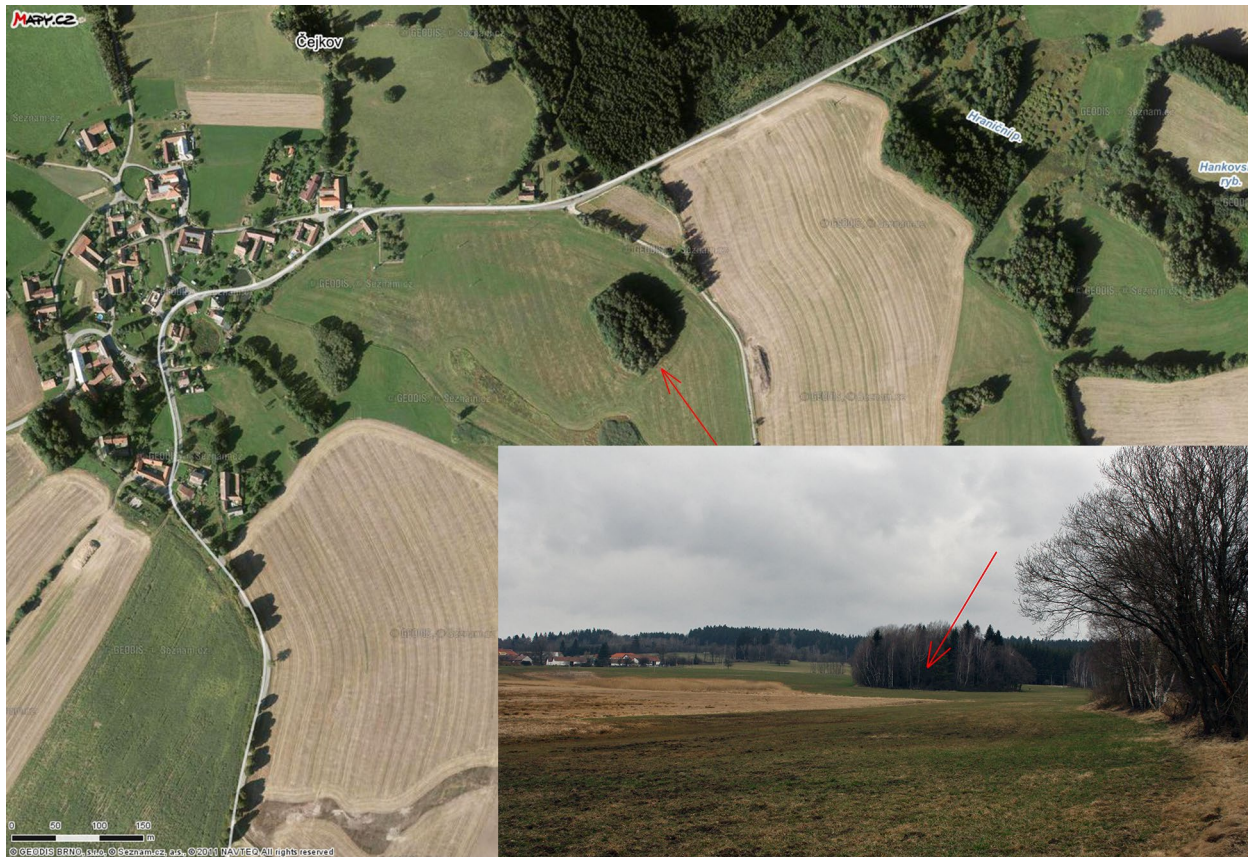
Čočky eklogitu a s nimi i výskyty již retrográdně metamorfované v těsné prostorové asociaci s tělesy ultrabazik se v rámci moldanubické zóny Českého masivu vyskytují v jednotvárné jednotce moldanubika (ostrongská jednotka) a především v pestré jednotce moldanubika (drosendorfská jednotka) a v gfölské jednotce (Medaris et al. 1995; O'Brien, Vrána 1995; Faryad et al. 2013). V jednotvárné jednotce jsou známé výskyty z oblasti Pejškova z. Pelhřimova a byly popsány jednotlivé izolované výskyty, např. u obce Čížkov (Medaris et al. 1995). V rámci geologického mapování a vyhledávacího průzkumu na uranové zrudnění v úseku Pelhřimov - Humpolec byly v roce 1975 nově zjištěny amfibolizované eklogitické horniny v asociaci s ultrabaziky v. od obce Čejkov, 3 km zjz. od Nového Rychnova (Litochleb 1980; Litochleb, Křišťák 1985). Zároveň byl vymapován i menší výskyt amfibolizovaného eklogitu v asociaci s amfibolity v sz. Milíčova u Nového Rychnova.

Vzhledem k tomu, že eklogitické horniny této lokality nebyly dosud podrobně zkoumány, bylo v roce 2004 z výchozu o velikosti 1.5 × 1.1 m ve střední části lesíka v. od Čejkova (obr. 1) odebráno (J. Litochlebem a M. Fišerou) několik charakteristických vzorků hornin. K podrobnějšímu mikroskopickému výzkumu byl následně vybrán pyroxenický amfibolit s pseudomorfózami po granátu s výrazně plošně paralelní texturou (dále označený B2) a retrográdně přeměněný eklogit s masivní texturou (dále

označený A1). Kontakt mezi oběma horninami je ostrý. V prostoru lesíka se dále vyskytují úlomky až balvany biotitického migmatitu (\pm cordierit, granát, muskovit) velikosti do 1 m a dále nečetné úlomky a balvany eklogitických hornin, místy výrazně páskované, které budou předmětem dalšího petrologického výzkumu.

Geologie

Bezprostřední okolí východně od Čejkova je tvořeno jednotvárnou a pestrou jednotkou moldanubika (obr. 2). Geologická stavba území má výrazně antiklinální stavbu, v jádře antiklinály vystupuje biotitická pararula až migmatit (\pm cordierit, granát, sillimanit). Bazální část pestré jednotky je v antiklinálním uzávěru vrásové struktury tvořena tělesy sillimanit-granátické ortoruly, serpentinizovaného peridotitu a retrográdně přeměněného eklogitu. Průběh pruhů hornin byl detailizován magnetometrickým měřením (Litochleb, Křišťák 1985). Protáhlé čočky retrográdně přeměněného eklogitu délky v metrech až prvních desítkách metrů se místy vyskytují v blízkosti obdobně protáhlých těles serpentinitu. Přímý styk obou hornin nebyl detekován. Dále se na geologické stavbě podílí jednotlivé polohy erlanu a amfibolitu, žíly leukokratického granitu a tělesa středně zrnitého dvojslídneho granitu Čiměřského typu (Litochleb, Křišťák 1985).



Obr. 1 Lokalita výskytu eklogitických hornin (v lesíku) východně od Čejkova. Zdroj mapy: <http://www.mapy.cz/letecka>. Foto B. Šreinová, 17. 3. 2014.

Metodika výzkumu

Horniny byly studovány pomocí polarizačního mikroskopu v kombinaci s elektronovým obrazem v mikrosondě.

Chemické složení studovaných minerálních fází bylo kvantitativně stanoveno pomocí mikroanalyzátoru Camera SX100 (Přírodovědecká fakulta MU, Brno, analytik R. Škoda) za podmínek: WD analýza, 25 kV, 20 nA, průměr svazku elektronů 1 μm , použití standardy: augit (Si, Mg), ortoklas (K), jadeit (Na), chromit (Cr), almandin (Al), andradit (Fe, Ca), rodonit (Mn), TiO (Ti). Empirické vzorce amfibolu byly přepočteny na 23 kyslíků a poměr $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ byl odhadnut metodou 13 eCNK (Schumacher 1996). Krystalochemické vzorce živce byly přepočteny na 8 O, krystalochemické vzorce granátu na 12 O, Fe^{2+} a Fe^{3+} byly rozpočteny na základě stechiometrie (Si + B. pozice = 5). Použité zkratky minerálů jsou podle Whitneyové a Evanse (2010).

Doplňující analýzy chemického složení horninotvorných minerálů byly provedeny na elektronickém mikroskopu FEG-SEM Tescan Mira 3-GMU s použitím EDX spektrometru X-Max 80mm (SDD ED fy. Oxford Instrument (Česká geologická služba, analytik P. Halodová). Podmínky měření 15 kV urychlovací napětí, proud svazku 3 nA, pracovní vzdálenost WD 15 mm, doba načítání analýzy 40 s. Byly použity minerální standardy fy SPI.

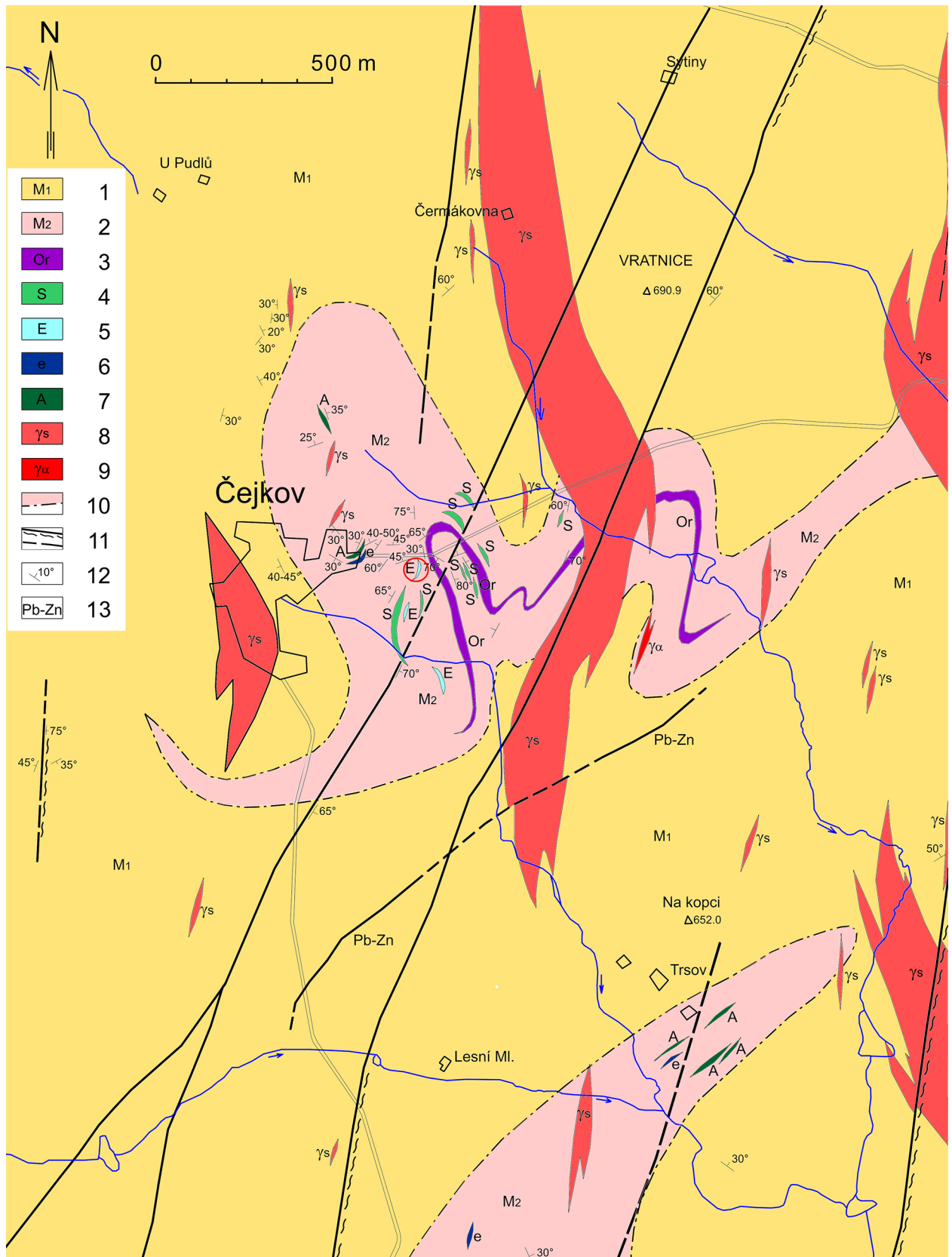
Petrografie a mineralogie

Pyroxenický amfibolit s pseudomorfózami po granátu (B2)

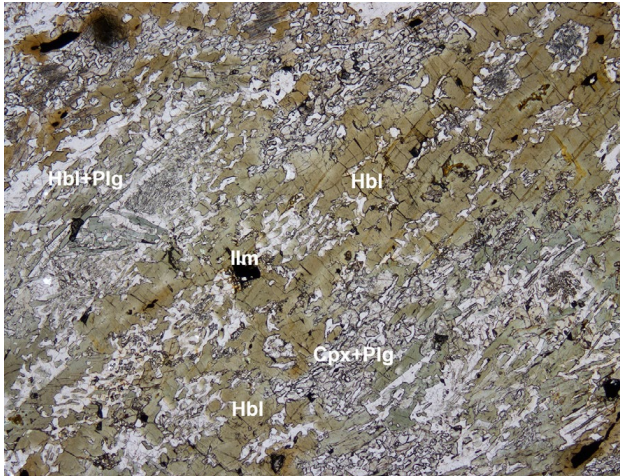
Amfibolit je středně zrnitý, má zřetelnou plošně paralelní texturu, barva je tmavě zelenočerná.

Makroskopicky patrná subparalelní, nezřetelně páskovaná, textura se v mikroskopickém obraze projevuje místy až chaotickým střídáním protáhlých zrn amfibolu (délka 2 až 12 mm), dále klinopyroxenu (velikost 0.8 až 1.5 mm), protáhlých shluků zrn plagioklasu délky až 2 mm, či jednotlivých xenomorfních zrn plagioklasu délky až 2.5 mm (obr. 3, 4). Pro všechny popsané minerály je charakteristická výrazná poikiloblastická struktura (obr. 5, 6), prezentovaná symplektitovými srůsty amfibolu a plagioklasu (Hbl-Pl) a clinopyroxenu a plagioklasu (Cpx-Pl), přičemž první z dvojic kvantitativně převládá. Zřídka jsou patrná protáhlá zrna amfibolu o délce až 5 mm, ve kterých pozorujeme korálkovitě sestavené nesouvislé proužky drobných zrn plagioklasu, popř. obl. ale i různě rozečkané Hbl-Pl symplektity (obr. 3).

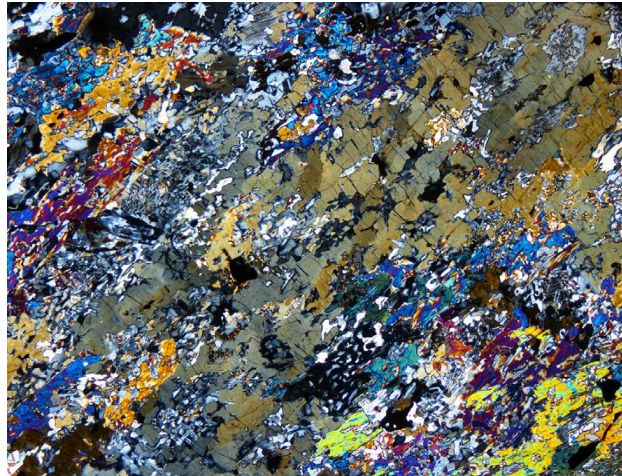
Amfibol (55 obj. %) je výrazně pleochroický s šedo-zelenou barvou ve směru Z, při styku s ilmenitem s výrazným odstínem do hněda (Ti 0.23 *apfu*, edenit, anal. č. 5, tab. 1, obr. 7). Část zrn má při okraji výraznou poikilitickou stavbu a uzavírá plagioklas (podíl plagioklasových zrn je 10 až 40 obj. %), přičemž optická orientace amfibolu je shodná s amfibolem v poikilitické části. Složení amfibolu většinou odpovídá edenitu (anal. č. 8, tab. 1, obr. 7), u několika největších jedinců je možno pozorovat jádra o složení magnesiohastigtisu (anal. č. 4, tab. 1, obr. 7).



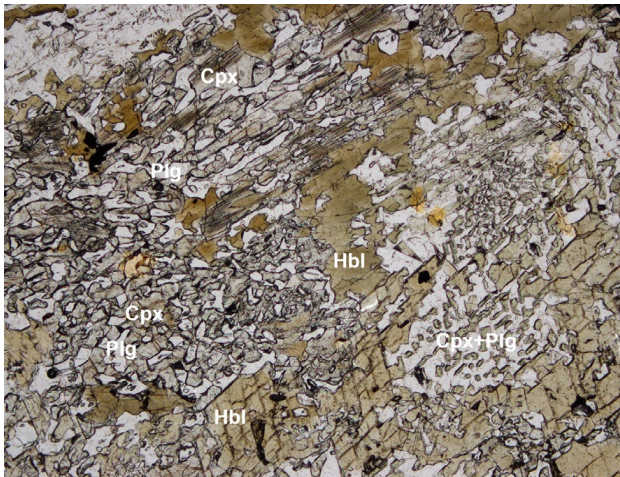
Obr. 2 Geologická mapa východního okolí Čejkova. Upraveno podle Litochleba a Kříšťáka (1985). Studovaná lokalita označena červeným kroužkem. 1 a 2 - biotitické pararuly až migmatity (\pm cordierit, granát, sillimanit) monotónní (M_1) a pestré (M_2) jednotky moldanubika; 3 - ortoruly; 4 - serpentinizovaný peridotit (S); 5 - retrogradně přeměněný eklogit (E); 6 - erlan; 7 - amfibolit (A); 8 - středně zrnitý dvojslídny granit centrálního masivu; 9 - žilný drobnozrný granit; 10 - přibližný průběh rozhraní monotónní a jednotky moldanubika; 11 - tektonické poruchy; 12 - směr a sklon foliačních ploch metamorfitů; 13 - rudní pásmo s polymetalickou mineralizací.



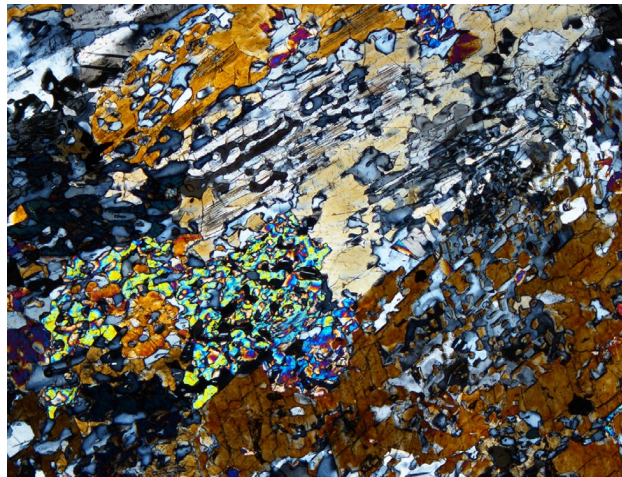
Obr. 3 Mikrofotografie struktury amfibolitu s amfibolem (Hbl), ilmenitem (Ilm), ortopyroxen-plagioklasovými (Opx+Plg) a amfibol-plagioklasovými (Hbl+Plg) symplektity. Delší strana obrázku je 5.9 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 4 Mikrofotografie struktury amfibolitu s amfibolem, ilmenitem, ortopyroxen-plagioklasovými a amfibol-plagioklasovými symplektity. Obrázek v polarizovaném světle, delší strana obrázku je 5.9 mm. Foto B. Šreinová.

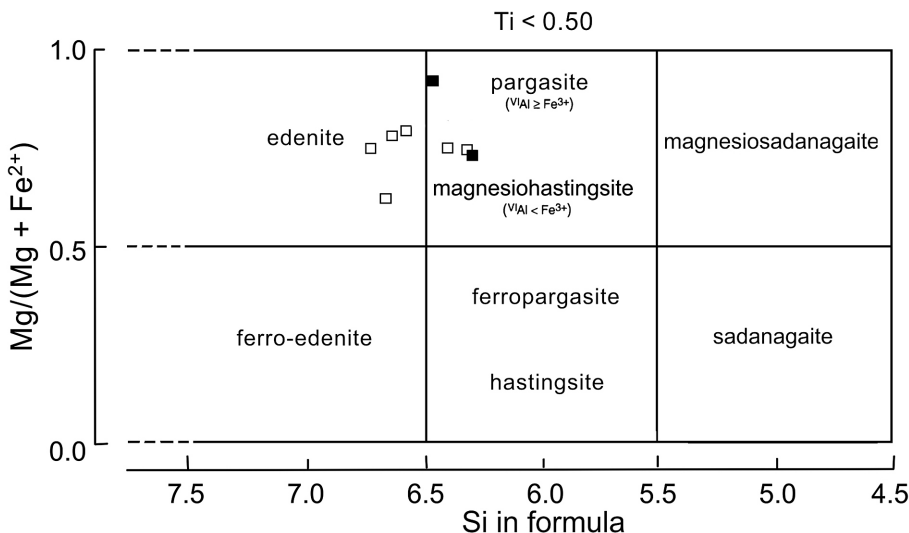


Obr. 5 Mikrofotografie amfibolitu s amfibolem (Hbl), plagioklasem (Plg), clinopyroxenem (Cpx) a s klinopyroxen-plagioklasovými (Cpx+Plg) symplektity ve struktuře horniny. Větší jedinec amfibolu vpravo dole. Delší strana obrázku je 2.95 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 6 Mikrofotografie amfibolitu s amfibolem, plagioklasem, clinopyroxenem a s klinopyroxen-plagioklasovými symplektity ve struktuře horniny. Větší jedinec amfibolu vpravo dole. Obrázek v polarizovaném světle, delší strana obrázku je 2.95 mm. Foto B. Šreinová.

Diagram Parameters: $Ca_B \geq 1.50$; $(Na + K)_A \geq 0.50$



Obr. 7 Složení amfibolu v diagramu $Ca_B \geq 1.50$; $(Na + K)_A \geq 0.50$; $Ti < 0.50$ (podle Leake at al. 1997). Prázdné čtverečky - vzorek B2; plně čtverečky - vzorek A1.

Tabulka 1 Chemické analýzy amfibolu v hm. %

Vzorek anal. č.	B 2 1	B 2 2	B 2 3	B 2 4	B 2 5	B 2 6	B 2 7	B 2 8	A 1 9	A 1 10	A 1 11	A 1 12	A 1 13	A 1 14	A 1 15
SiO ₂	45.90	43.44	46.22	44.22	45.67	48.03	48.57	46.44	44.27	42.58	43.59	43.57	43.77	47.44	44.14
TiO ₂	0.44	0.55	0.54	0.42	2.10	1.61	1.26	0.23	0.70	0.69	1.38	1.37	1.53	1.20	1.14
Al ₂ O ₃	11.26	13.56	11.10	12.85	10.19	7.83	7.34	10.22	10.90	12.06	11.91	11.52	10.89	7.83	10.28
Cr ₂ O ₃	0.09	0.09	0.08	0.07	0.19	0.19	0.14	0.41	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.06	0.00
Fe ₂ O ₃	7.00	6.00	6.28	6.66	1.47	2.94	3.33	4.73	13.13	13.88	8.05	9.07	11.26	7.16	6.40
FeO	6.31	7.50	6.77	7.43	11.30	9.69	8.71	8.16	1.94	0.78	11.68	11.08	10.10	12.47	14.41
MnO	0.25	0.26	0.26	0.16	0.16	0.12	0.12	0.15	0.26	0.23	0.15	0.24	0.22	0.25	0.25
MgO	13.65	12.35	13.49	12.50	12.69	14.10	14.83	13.54	12.71	12.02	8.93	8.95	9.20	10.33	8.56
NiO	0.04	0.30	0.03	0.02	0.02	0.05	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	11.44	11.51	11.33	11.57	11.93	12.14	12.35	11.85	10.36	10.67	10.72	10.63	10.24	11.10	11.06
Na ₂ O	1.70	1.90	1.66	1.68	1.46	1.02	0.91	1.48	1.70	1.75	1.22	1.13	1.34	0.74	1.22
K ₂ O	0.51	0.63	0.48	0.60	0.61	0.43	0.34	0.45	0.41	0.50	0.48	0.41	0.45	0.31	0.61
BaO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00	0.04
H ₂ O*	2.09	2.05	2.08	2.07	2.05	2.08	2.08	2.07	2.53	2.26	2.02	2.02	2.03	2.05	2.00
O=F,Cl	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Total	100.66	99.87	100.32	100.24	99.90	100.23	100.05	99.75	98.43	97.19	100.20	100.04	101.06	100.91	100.10
O	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Si	6.580	6.322	6.639	6.406	6.668	6.930	6.990	6.731	6.466	6.302	6.422	6.449	6.425	6.928	6.599
Al ^{IV}	1.420	1.678	1.361	1.594	1.332	1.070	1.009	1.269	1.534	1.698	1.558	1.551	1.575	1.072	1.401
	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.001	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.482	0.647	0.518	0.599	0.421	0.262	0.235	0.476	0.342	0.506	0.517	0.459	0.307	0.275	0.411
Ti	0.047	0.060	0.058	0.045	0.231	0.175	0.137	0.025	0.070	0.070	0.153	0.152	0.169	0.131	0.129
Cr	0.009	0.009	0.008	0.008	0.022	0.021	0.016	0.064	0.000	0.000	0.006	0.003	0.000	0.007	0.000
Fe ³⁺	0.755	0.658	0.679	0.725	0.162	0.319	0.360	0.516	1.443	1.546	0.895	1.010	1.243	0.787	0.720
Fe ²⁺	0.756	0.912	0.814	0.900	1.380	1.170	1.049	0.989	0.236	0.970	1.443	1.371	1.240	1.523	1.801
Mn	0.030	0.032	0.031	0.020	0.019	0.014	0.014	0.018	0.032	0.029	0.019	0.030	0.028	0.028	0.031
Mg	2.916	2.678	2.888	2.700	2.263	3.033	3.181	2.926	2.767	2.652	1.967	1.975	2.012	2.248	1.908
Ni	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	4.999	4.999	4.999	5.000	4.501	4.999	5.000	5.018	4.990	4.900	5.000	4.973	4.999	4.999	5.000
Ca	1.757	1.794	1.745	1.795	1.867	1.877	1.905	1.840	1.621	1.692	1.697	1.686	1.611	1.737	1.772
Na	0.473	0.536	0.461	1.470	0.413	0.286	0.253	0.417	0.481	0.502	0.350	0.325	0.380	0.210	0.353
K	0.093	0.116	0.088	0.110	0.113	0.079	0.063	0.084	0.076	0.094	0.090	0.078	0.085	0.057	0.116
Ba	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.012	0.008	0.008	0.000	0.010
OH*	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	1.995	2.000	2.000	2.000	1.988	1.992	1.992	2.000	1.990
Total	17.323	17.448	17.294	17.375	17.396	17.241	17.220	17.340	15.263	15.116	17.137	17.089	17.076	17.004	17.241

1, 3, 5, 8 - edenit; 2, 4, 9, 10 - magnesiohastingsit; 6, 7, 14, 15 - magnesiohorblend; 11 až 13 - tschermakit; * dopočítáno

Tabulka 1 Chemické analýzy amfibolu - pokračování

Vzorek anal. č.	A 1 16	A 1 17	A 1 18	A 1 19	A 1 20	A 1 21	A 1 22	A 1 23	A 1 24	A 1 25	A 1 26	A 1 27	A 1 28	A 1 29
SiO ₂	46.82	43.12	47.99	44.20	52.84	53.25	53.75	53.13	52.89	52.50	53.00	53.05	51.13	52.71
TiO ₂	1.21	0.51	0.91	1.31	0.04	0.02	0.39	0.05	0.58	0.08	0.03	0.03	1.94	0.08
Al ₂ O ₃	8.05	11.94	6.85	11.20	0.91	0.50	0.62	0.66	0.61	0.62	0.60	0.41	1.94	0.51
Cr ₂ O ₃	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	8.12	7.95	8.61	9.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	11.31	15.42	11.73	8.45	27.48	29.18	26.92	27.95	28.97	30.04	28.41	13.58	30.23	29.60
MnO	0.25	0.31	0.24	0.19	0.39	0.33	0.34	0.46	0.64	0.63	0.65	0.64	0.72	0.50
MgO	10.29	6.68	10.57	10.13	14.70	14.04	15.32	14.75	13.84	12.87	13.86	13.58	10.46	13.23
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	10.57	10.85	10.71	11.13	0.66	0.60	0.65	0.58	0.92	0.77	0.46	0.46	2.84	1.07
Na ₂ O	0.86	1.47	0.84	1.22	0.05	0.00	0.05	0.07	0.08	0.06	0.07	0.04	0.30	0.09
K ₂ O	0.45	0.16	0.34	0.48	0.00	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.03	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O*	2.03	1.99	2.04	2.05	2.03	2.00	2.03	2.01	2.01	1.98	1.99	1.99	1.96	1.99
O=F,Cl	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.06	100.42	100.87	100.06	99.10	99.95	100.11	99.71	100.56	99.57	99.08	99.28	99.72	99.75
O	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Si	6.885	6.468	7.010	6.481	7.924	7.969	7.945	7.936	7.889	7.947	7.986	8.001	7.804	7.945
Al ^{IV}	1.115	1.532	0.990	1.519	0.076	0.031	0.055	0.064	0.108	0.053	0.014	0.000	1.196	0.055
	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.001	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.281	0.578	0.189	0.417	0.085	0.058	0.052	0.053	0.000	0.057	0.092	0.004	0.152	0.036
Ti	0.134	0.057	0.100	0.144	0.004	0.002	0.043	0.006	0.065	0.009	0.004	0.004	0.012	0.009
Cr	0.009	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.898	0.898	0.947	1.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	1.391	1.935	1.433	1.036	3.447	3.652	3.328	3.491	3.613	3.803	3.580	3.667	3.858	3.732
Mn	0.032	0.040	0.029	0.024	0.050	0.042	0.042	0.058	0.081	0.081	0.083	0.820	0.093	0.064
Mg	2.256	1.493	2.301	2.214	3.278	3.131	3.375	3.284	3.076	2.905	3.114	3.052	2.380	2.973
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5.001	5.001	4.999	4.906	6.868	6.885	6.844	6.892	6.835	6.855	6.873	6.809	6.495	6.814
Ca	1.665	1.743	1.676	1.748	0.106	0.096	0.102	0.093	0.147	0.125	0.074	0.074	0.464	0.173
Na	0.246	0.427	0.238	0.347	0.014	0.000	0.015	0.021	0.023	0.017	0.019	0.012	0.088	0.025
K	0.084	0.030	0.063	0.090	0.000	0.004	0.005	0.008	0.004	0.004	0.000	0.000	0.009	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.007	0.001	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH*	1.993	1.988	1.991	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Total	16.995	17.200	16.977	17.091	16.996	16.986	16.966	17.014	17.006	17.000	16.967	16.965	17.058	17.013

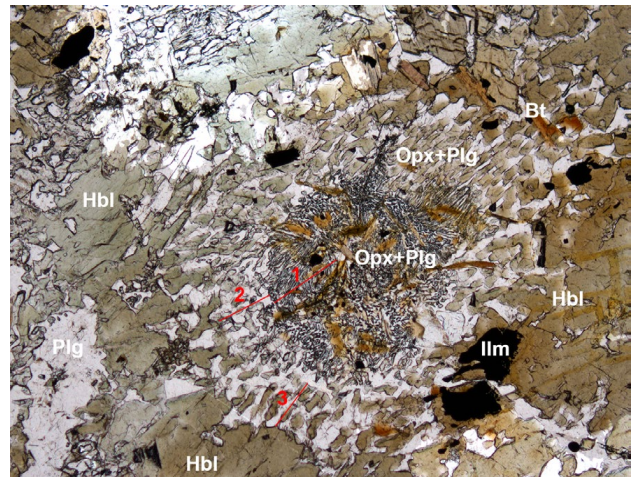
16, 18 - magnesioblenit; 17 - ferrotschermakit; 19 - tschermakit; 20 až 29 - grunerit; * dopočítáno

Klinopyroxen (15 obj. %) je světle šedohnědavé barvy, neplechroický. Tvoří drobná protáhlá zrna velikosti v desetinách mm, výjimečně až 1 mm. V případě symplektitů se podíl plagioklasu pohybuje v rozmezí 25 až 30 obj. %. Podle chemického složení odpovídá diopsidu ($\text{En}_{39}\text{Fs}_{13}\text{Wo}_{48}$).

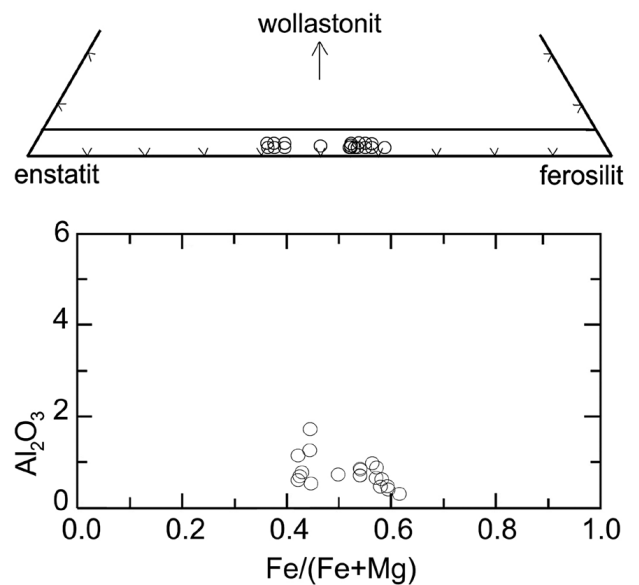
Ortopyroxen je součástí symplektitů pseudomorfozy (obr. 8). Podrobnější popis jejich výskytu je uveden v odstavci „Pseudomorfoza po granátu“ a „Další pseudomorfoza“. Chemické analýzy ortopyroxenu jsou uvedeny v tabulce 2. Hodnota $\text{Mg}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ se pohybuje v rozmezí 0.56 - 0.59 hm. % (obr. 9). Obsahy Al_2O_3 jsou obvykle nízké (< 0.69), ojediněle na styku s plagioklasem obsah dosahuje až 1.73 hm. %.

Plagioklas (25 obj. %) tvoří zrna velikosti v desetinách mm až 1 mm. V hornině je většinou zonální - jádro An_{36-44} a okraj An_{71-88} . Kyselejší jádra zaujímají v průřezích zrn plochu v rozmezí 30 až 80 %. Podíl K_2O je maximálně 0.02 apfu. Chemické analýzy plagioklasu jsou uvedeny v tabulce 3.

Pseudomorfoza po granátu oválného tvaru (obr. 8) dosahuje velikosti 2 mm. Má zřetelnou soustřednou stavbu. Ve středu pseudomorfozy a poněkud mimo střed jsou dva shluky xenomorfních zrn ortopyroxenu (En_{59} , anal. č. 1, tab. 2, obr. 9) společně s plagioklasem (An_{95} , anal. č. 1, tab. 3) a s lupínky biotitu (velikost 0.04 - 0.3 mm), které jsou situovány většinou mezi jednotlivými shluky symplektitického prorůstání Opx-Pl, ojediněle jsou přímo v nich. V zóně 1 od střední části - viz obr. 8 - jsou symplektity ortopyroxen-plagioklasu (Opx - En_{58} , anal. č. 2, tab. 2; Pl - An_{95} , anal. č. 2, tab. 3) souvisle rozloženy kolem střední části pseudomorfozy. Tyto symplektity jsou velikosti kolem 0.15 až 0.3 mm. Zóna 2 je na rozdíl od předcházející zřetelně hrubozrnnější, má zrnitou strukturu a jen z necelé poloviny přiléhá k zóně 1. Skládá se z ortopyroxenu (En_{59} , anal. č. 3, tab. 3, obr. 8) a plagioklasu (An_{92}). Okrajová zóna (zóna 3) se rozkládá kolem celé pseudomorfozy (viz obr. 8), je tvořena silně zonálním plagioklasem (An_{44} - jádro, anal. č. 3, An_{88} - okraj, anal. č. 4, tab. 3) a amfibolem (edenit, anal. č. 1, tab. 1, obr. 8). Na styku ojedinělých zrn ortopyroxenu (En_{58} , anal. č. 4, tab. 2) s amfibolem (magnesiostastingsitem, anal. č. 2, tab. 1) pozorujeme cummingtonit (Si 7.94 apfu, $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ 0.61).

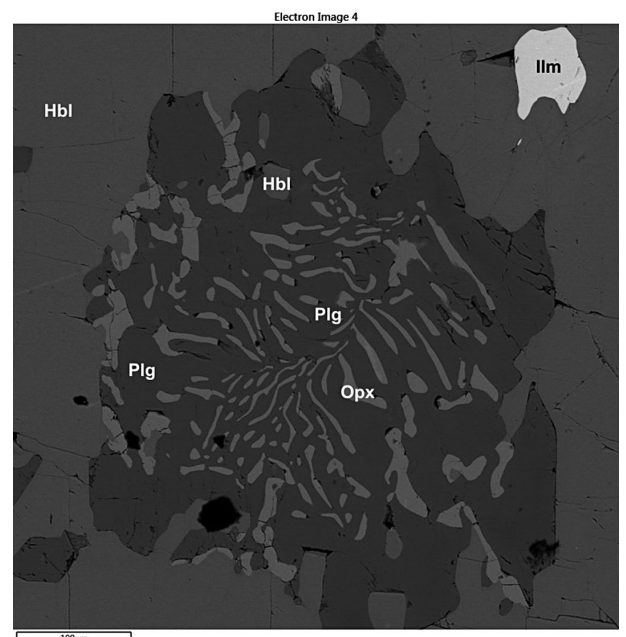


Obr. 8 Mikrofotografie amfibolitu - pseudomorfoza po granátu se symplektity ortopyroxenu a plagioklasu (Opx+Plg), s ilmenitem (Ilm), biotitem (Bt) a amfibolem (Hbl). Označení 1 - zóna 1; 2 - zóna 2; 3 - zóna 3). Delší strana obrázku je 2.95 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 9 Složení ortopyroxenu v diagramu enstatit - ferosilit a Al_2O_3 - $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$. Ve vzorku B2 je zastoupen výhradně enstatit, ortopyroxen ze vzorku A1 má ferosilitové složení, případně ojediněle enstatit-ferosilitové složení (En_{50} - Fs_{50}).

Obr. 10 Symplektit plagioklas (Plg) - ortopyroxen (Opx) v amfibolu (Hbl), světlé zrno náleží ilmenitu (Ilm). Mikrofotografie BSE. Foto P. Halodová.



Tabulka 2 Chemické analýzy ortopyroxenu v hm. %, přepočítáno na 6 O

Vzorek anal. č.	B2 1	B2 2	B2 3	B2 4	B2 5	B2 6	B2 7	A1 8	A1 9	A1 10
SiO ₂	52.35	52.37	52.07	52.17	51.81	51.21	51.43	50.82	50.37	50.18
TiO ₂	0.03	0.02	0.03	0.04	0.00	0.00	0.08	0.06	0.30	0.09
Al ₂ O ₃	0.64	0.69	1.16	0.80	0.56	1.73	1.28	0.49	0.99	0.89
FeO	26.07	25.79	25.93	26.26	26.93	26.88	26.96	34.23	33.02	33.37
MnO	0.94	1.03	0.92	0.98	0.75	0.65	0.67	0.54	0.53	0.55
MgO	20.13	19.67	20.01	19.68	18.81	18.84	18.93	13.87	14.30	14.00
CaO	0.52	0.59	0.61	0.69	0.83	0.54	0.56	0.51	0.53	0.62
Na ₂ O	0.04	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Total	100.72	100.16	100.76	100.65	99.72	99.85	99.91	100.52	100.11	99.70
Si	1.975	1.984	1.963	1.972	1.984	1.955	1.963	1.994	1.976	1.981
Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.009	0.003
Al	0.028	0.031	0.052	0.036	0.025	0.078	0.058	0.023	0.046	0.041
Fe ³⁺	0.024	0.000	0.023	0.020	0.010	0.012	0.011	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.799	0.817	0.794	0.811	0.852	0.846	0.850	1.123	1.083	1.102
Mn	0.030	0.033	0.029	0.031	0.024	0.021	0.022	0.018	0.018	0.018
Mg	1.132	1.111	1.124	1.109	1.073	1.072	1.077	0.811	0.836	0.824
Ca	0.021	0.024	0.025	0.028	0.034	0.022	0.023	0.021	0.022	0.026
Na	0.003	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Total	4.013	4.001	4.012	4.010	4.004	4.006	4.006	3.992	3.994	3.995
En	59	58	59	58	56	56	56	42	44	43
Fs	41	42	41	42	44	44	44	58	56	57

Tabulka 2 Chemické analýzy ortopyroxenu - pokračování

Vzorek	A1 11	A1 12	A1 13	A1 14	A1 15	A1 16	A1 17	A1 18	A1 19	A1 20
SiO ₂	50.77	50.38	49.86	48.82	50.28	51.56	50.25	49.78	50.89	50.37
TiO ₂	0.11	0.08	0.06	0.07	0.09	0.17	0.24	0.11	0.10	0.19
Al ₂ O ₃	0.68	0.65	0.33	0.49	0.43	0.75	0.78	0.87	0.78	0.88
FeO	33.63	33.82	35.75	34.59	34.40	29.65	32.15	31.69	32.17	31.88
MnO	0.59	0.71	0.78	0.86	0.69	0.10	0.69	0.68	0.72	0.75
MgO	14.09	13.59	12.49	13.28	13.15	16.78	15.26	14.79	15.34	15.14
CaO	0.43	0.49	1.03	0.92	0.93	0.75	0.62	0.77	0.64	0.72
Na ₂ O	0.03	0.02	0.04	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.33	99.74	100.34	99.03	100.03	99.83	99.99	98.68	100.64	99.92
Si	1.991	1.992	1.985	1.965	1.992	1.990	1.969	1.977	1.978	1.974
Ti	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.007	0.003	0.003	0.003
Al	0.031	0.030	0.015	0.023	0.020	0.034	0.036	0.041	0.041	0.036
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.014	0.019	0.000	0.000	0.012	0.002	0.002	0.002
Fe ²⁺	1.103	1.118	1.176	1.145	1.140	0.957	1.042	1.049	1.048	1.043
Mn	0.020	0.024	0.026	0.029	0.023	0.003	0.023	0.023	0.023	0.025
Mg	0.823	0.801	0.741	0.797	0.776	0.965	0.891	0.875	0.876	0.884
Ca	0.018	0.021	0.044	0.040	0.039	0.031	0.026	0.000	0.027	0.027
Na	0.002	0.002	0.003	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	3.991	3.990	4.006	4.020	3.998	3.989	4.006	4.001	3.998	4.000
En	43	42	39	41	41	50	46	45	46	46
Fs	57	58	61	59	59	50	54	55	54	54

Tabulka 3 Chemické analýzy plagioklasu v hm. %, přepočítáno na 8 O

Vzorek anal. č.	B2 1	B2 2	B2 3	B2 4	B2 5	B2 6	B2 7	B2 8	B2 9	B 2 10	B 2 11
SiO ₂	43.93	43.96	57.30	45.54	59.24	50.19	59.08	45.63	59.70	45.45	44.59
Al ₂ O ₃	35.07	35.58	26.82	34.50	25.32	31.06	25.40	34.10	25.26	35.01	35.46
FeO	0.04	0.27	0.14	0.25	0.07	0.19	0.13	0.12	0.12	0.26	0.33
CaO	19.95	19.36	9.30	18.63	7.44	14.81	7.41	18.02	7.12	18.08	18.77
Na ₂ O	0.62	0.57	6.47	1.40	7.22	3.26	7.19	1.27	7.36	1.21	0.86
K ₂ O	0.01	0.00	0.05	0.08	0.30	0.09	0.35	0.03	0.24	0.00	0.00
Total	99.73	99.78	100.17	100.52	99.62	99.76	100.43	99.32	99.92	100.78	100.01
Si	2.040	2.040	2.569	2.101	2.655	2.229	2.649	2.118	2.666	2.976	2.040
Al	1.920	1.946	1.417	1.876	1.337	1.677	1.342	1.866	1.329	1.909	1.938
Fe	0.014	0.010	0.005	0.010	0.003	0.007	0.005	0.005	0.004	0.010	0.013
Ca	0.993	0.961	0.447	0.907	0.357	0.727	0.356	0.896	0.341	0.896	0.932
Na	0.056	0.051	0.562	0.125	0.627	0.290	0.625	0.114	0.637	0.109	0.077
K	0.000	0.000	0.003	0.005	0.017	0.005	0.020	0.002	0.014	0.000	0.000
An	95	95	44	88	36	71	36	89	35	89	92
Ab	5	5	56	12	63	29	63	11	65	11	8
Kfs	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

Tabulka 3 Chemické analýzy plagioklasu - pokračování

Vzorek anal. č.	A 1 12	A 1 13	A 1 14	A 1 15	A 1 16	A 1 17	A 1 18	A 1 19	A1 20	A1 21
SiO ₂	44.63	55.04	44.18	47.64	46.67	43.82	45.11	44.88	44.08	44.33
Al ₂ O ₃	35.23	28.80	34.85	33.32	33.35	35.16	34.54	34.71	35.48	35.24
FeO	0.34	0.20	0.19	0.32	0.51	0.36	0.58	0.72		
CaO	18.93	11.32	18.91	16.61	17.41	19.01	18.21	18.54	19.52	19.33
Na ₂ O	0.76	5.38	0.69	2.15	2.02	0.57	1.31	1.41	0.53	0.74
K ₂ O	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.11	0.00	0.00
Total	99.89	100.74	98.82	100.04	99.96	98.92	99.75	100.37	100.16	99.64
Si	2.065	2.466	2.065	2.185	2.154	2.049	2.091	2.074	2.064	2.052
Al	1.921	1.521	1.920	1.801	1.814	1.938	1.887	1.890	1.926	1.923
Fe	0.013	0.007	0.007	0.012	0.020	0.014	0.022	0.028		
Ca	0.939	0.543	0.947	0.816	0.861	0.952	0.904	0.918	0.963	0.959
Na	0.068	0.467	0.063	0.191	0.181	0.052	0.118	0.126	0.047	0.066
K	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0	0
Total	5.006	5.007	5.002	5.005	5.030	5.005	5.025	5.042	5.000	5.000
An	93	54	85	81	83	95	89	88	96	93
Ab	7	46	15	19	17	5	11	12	4	7
Kfs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

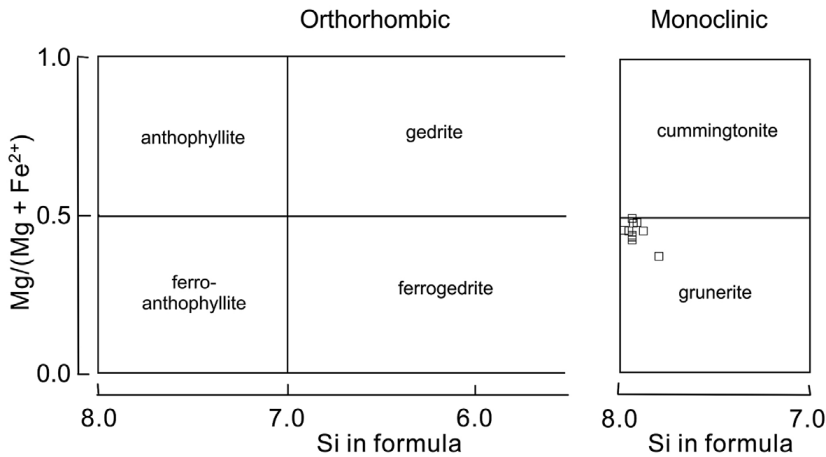
Další pseudomorfózy

Pseudomorfóza oválného obrysu velikosti 1 mm je tvořena agregátem plagioklasu (An₈₉, anal. č. 8, tab. 3) a amfibolu (edenit, anal. č. 8, tab. 1) v poměru 75 : 25 %, místy s malými symplektity Hbl-Opx (En₅₆, anal. č. 5, tab. 2). Tato pseudomorfóza je pravděpodobně řez okrajovou částí větší pseudomorfózy - viz zóna 3 u pseudomorfózy po granátu.

Zcela ojediněle se v základní hmotě v prostředí amfibolových agregátů vyskytují oválné symplektity o velikosti kolem 0.5 mm tvořené plagioklasem (An_{89/92}, analýzy č. 10 a 11, tab. 3) a ortopyroxenem (En₅₆, analýzy č. 6 a 7, tab. 2, obr. 10) s jednotlivými zrny amfibolu o složení magnesiohastingsitu (anal. č. 9 a 10, tab. 1, obr. 11) - pravděpodobně po granátu.

Apatit se vyskytuje v podobě tenkých i středně tlustých sloupcovitých automorfních krystalů, které jsou zcela zarostlé v plagioklasu. Délka krystalů je v rozmezí 0.02 až 0.2 mm. Výjimečně byla zjištěna zrna hypautomorfního omezení velikosti až 0.2 mm. **Ilmenit** tvoří jednotlivá xenomorfní zrna protáhlá ve směru foliace o velikosti do 1 mm. Ilmenit je zcela zarostlý v amfibolu, více však se vyskytuje mezi zrny amfibolu (anal. č. 1, tab. 4). **Rutil** se vyskytuje v podobě krátce sloupcovitých automorfních krystalů v plagioklasu, popř. v protáhlých, oblých zrnech mezi amfiboly a klinopyroxeny. Jednotlivá oblá zrna **zirkonu** velikosti 5 - 10 μm se vyskytují ve struktuře horniny, též zcela uzavřená v ilmenitu. **Biotit** se vyskytuje v podobě drobných lupínků v centrální části pseudomorfózy po granátu. Zcela ojediněle je přítomen mezi symplektity.

Diagram Parameters: $(Ca + Na_B) < 1.00$; $(Mg, Fe^{2+}, Mn, Li)_B \geq 1.00$; $Li_B < 1.00$



Obr. 11 Složení amfibolu v diagramu $(Ca + Na_B) < 1.00$; $(Mg, Fe^{2+}, Mn, Li) \geq 1.00$; $Li < 1.00$ (podle Leake *et al.* 1997). Všechny projekce amfibolu náleží ke vzorku A1.

Tabulka 4 Chemické analýzy ilmenitu v hm. %, přepočítáno na 3 O

Vzorek anal. č.	B 2 1	A1 2	A1 3
FeO	43.45	45.44	43.45
MnO	0.81	0.45	0.81
V ₂ O ₃	0.15	0.11	0.15
MgO	0.28	0.52	0.28
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00
CaO	0.01	0.00	0.00
TiO ₂	55.25	52.98	55.25
Nb ₂ O ₅	0.02		
Ta ₂ O ₅	0.03		
Total	100.01	99.50	99.94
Fe ²⁺	0.903	0.958	0.903
Mn ²⁺	0.017	0.010	0.017
V ³⁺	0.003	0.002	0.003
Mg ²⁺	0.010	0.020	0.010
Cr ³⁺	0.000	0.000	0.000
Ca ²⁺	0.000	0.000	0.000
Ti ⁴⁺	1.032	1.005	1.033
Nb	0.000		
Ta	0.000		
Total	1.966	1.994	1.966

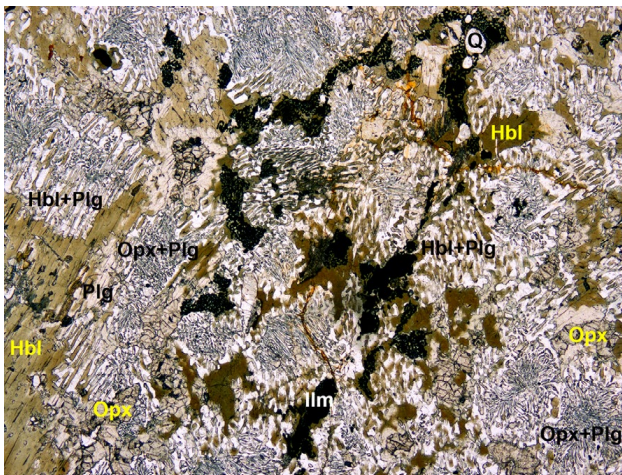
Pyrit se vyskytuje v podobě ojedinelých xenomorfních zrn velikosti setin až desetin mm. Větší zrn je přítomno v pseudomorfóze po granátu.

Retrográdně přeměněný eklogit s granátem (A1)

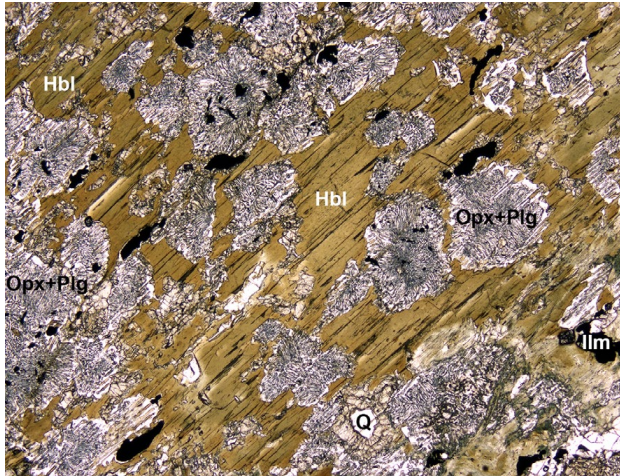
Retrográdně přeměněný eklogit je středně zrnitá hornina masivního vzhledu s makroskopicky patrnými zrny granátu o velikosti až 3 mm. 75 % objemu horniny tvoří ortopyroxen-plagioklasové (Opx-Pl) a klinopyroxen-plagioklasové symplektity (Cpx-Pl), které tvoří oválné tvary o velikosti v desetinách mm až 2.4 mm (obr. 13, 14). Vnitřní stavba symplektitů je často paprscitě koncentrická. Místy v centrální části se vyskytují drobná zrna ilmenitu a lupínky biotitu. Tyto symplektity pravděpodobně představují původní omfacit (Vogel 1966; Mysen, Griffin 1973; O'Brien 1989; Joanny, Roermud 1991).

Granát (5 obj. %) tvoří oválná zrna, ojedinelé i zrna hranatě ohraničená, o velikosti 1 až 3 mm. V textuře horniny jsou zrna granátu rozptýlena nepravidelně, přičemž vzdálenost mezi zrny je od 1 do 12 mm.

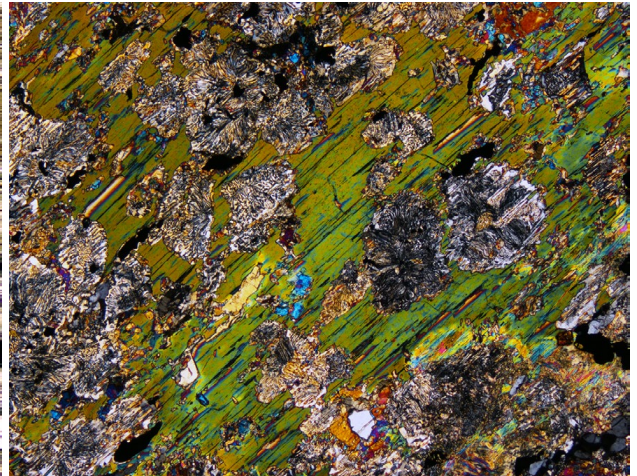
Symplektitový obal granátu (obr. 15, 16) je tvořen tenkou zónou (0.25 - 0.4 mm, místy až 0.7 mm mocnou), těsně přilehající k povrchu granátu (zóna 1), složenou z ortopyroxenu (Fs₅₈, anal. č. 8, tab. 2) a plagioklasu (An₉₃, anal. č. 12, tab. 3). Místy se vyskytují jednotlivá zrna amfibolu (grünerit, anal. č. 20, tab. 1). Další - zóna 2 - je odlišné stavby. Tvoří ji ortopyroxen (Fs₅₈, anal. č. 12, tab. 2) a plagioklas (An₉₂, anal. č. 11, tab. 3), který je zcela ojedinelé zonální (jádro An₅₄, anal. č. 11, tab. 3). Další studované granáty mají v lemu jen Opx-Pl symplektit (zóna



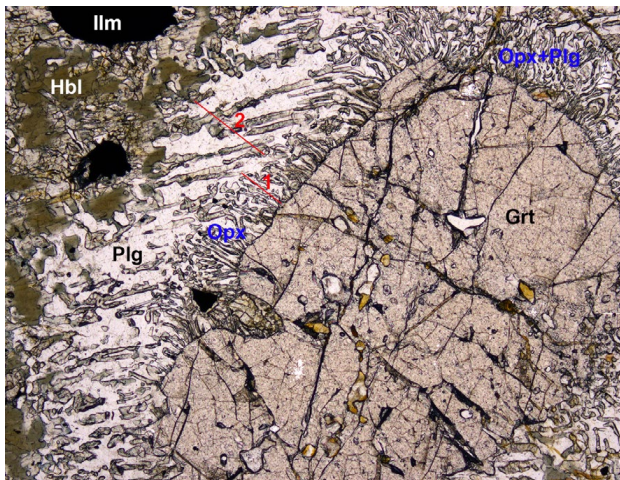
Obr. 12 Ve struktuře retrográdně přeměněného eklogitu jsou zastoupeny ortopyroxen-plagioklasové (Opx+Plg) a amfibol-plagioklasové (Hbl+Plg) symplektity, amfibol (Hbl) a ilmenit (Ilm). Delší strana obrázku je 5.9 mm. Foto B. Šreinová.



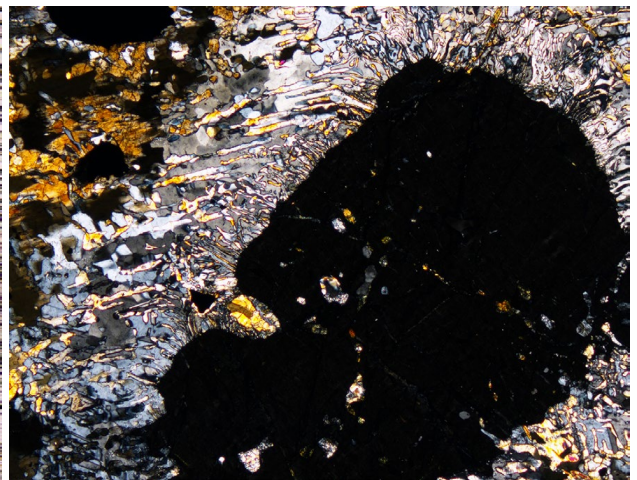
Obr. 13 Mikrofotografie poikilitické stavby porfyroblastu amfibolu (Hbl) s ortopyroxen-plagioklasovými (Opx+Plg) symplektitami. Delší strana obrázku je 5.9 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 14 Mikrofotografie poikilitické stavby porfyroblastu amfibolu s ortopyroxen-plagioklasovými symplektitami. Obrázek v polarizovaném světle, delší strana obrázku je 5.9 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 15 Symplektitový, ortopyroxen-plagioklasový (Opx+Plg) lem kolem granátu (Grt), s vyznačenou 1. a 2. zónou, mimo zónu je ilmenit (Ilm) a amfibol (Hbl). Delší strana obrázku je 2.95 mm. Foto B. Šreinová.

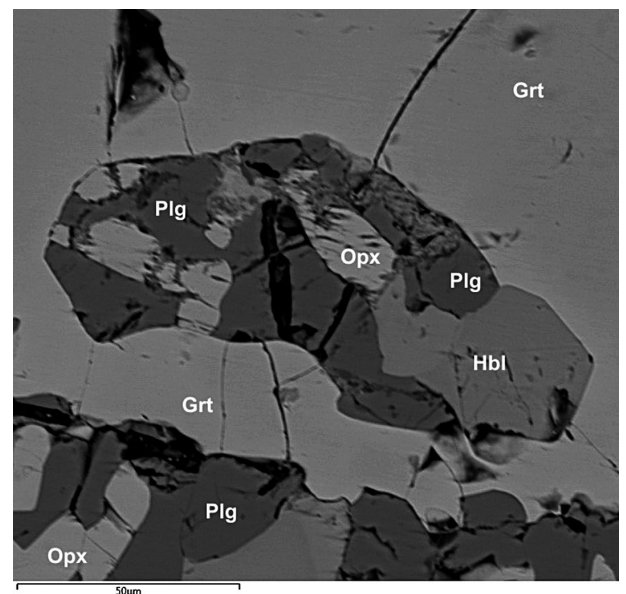


Obr. 16 Symplektitový, ortopyroxen-plagioklasový lem kolem granátu, s vyznačenou 1. a 2. zónou, mimo zónu je ilmenit a amfibol. Obrázek v polarizovaném světle, delší strana obrázku je 2.95 mm. Foto B. Šreinová.

1), ojediněle je tento lem přítomen jen na části povrchu granátu. Granát se potom přímo stýká s amfibolem základní hmoty.

Granát obsahuje uzavřeniny drobných tenké sloupcovitých krystalů rutilu (délka do 0.01 mm), ojediněle tlustě sloupcovité jedince o délce 0.6 - 0.1 mm. Dalšími uzavřeninami jsou křemen, plagioklas, K-živec, chlorit, zirkon, biotit, pyrit a apatit v podobě jednotlivých zrn. Časté jsou uzavřeniny se dvěma i více minerály: amfibol - křemen (Hbl - Qtz), apatit - rutil - ilmenit (Ap - Rt - Ilm), ortopyroxen - amfibol - plagioklas (Opx - Hbl - Pl) (obr. 17), rutil -

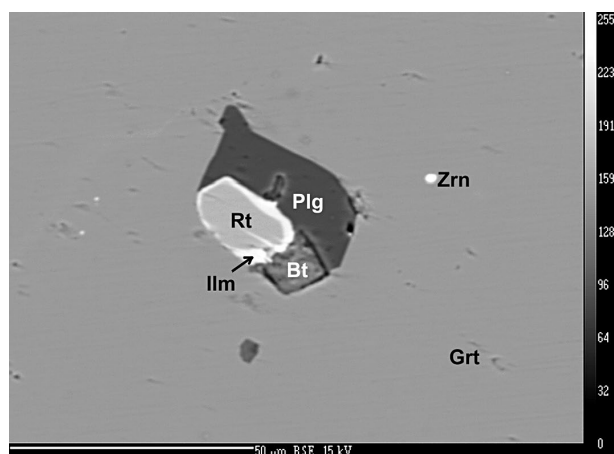
Obr. 17 Uzavřenina ortopyroxenu (Opx), amfibolu (Hbl) a plagioklasu (Plg) v okraji zrna granátu (Grt). Mikrofotografie BSE. Foto P. Halodová.



Tabulka 5 Chemické analýzy granátu v hm. %, přepočítáno na 12 O

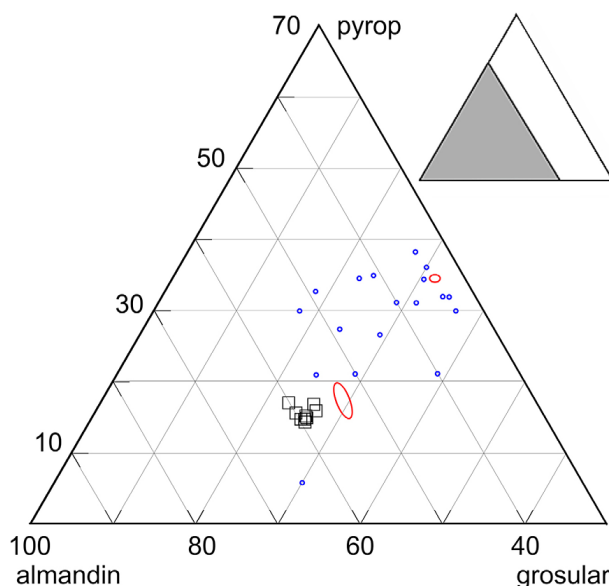
anal. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pozice	rim	rim 50	210	450	660	core 850	core		
SiO ₂	37.90	38.16	38.11	37.86	37.84	37.78	37.88	36.96	37.43
TiO ₂	0.04	0.10	0.10	0.13	0.10	0.13	0.12	0.17	0.08
Al ₂ O ₃	21.39	21.40	21.23	21.16	21.38	21.06	21.00	20.44	20.64
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.36	0.40	0.39	0.65	0.60	0.71	0.82	1.91	1.32
FeO	26.87	25.65	26.68	26.48	26.47	26.24	25.45	24.45	25.80
MnO	0.55	0.47	0.58	0.57	0.56	0.59	0.27	1.40	0.56
MgO	4.27	4.23	3.90	3.66	3.68	3.56	3.97	3.52	3.59
CaO	8.35	9.56	8.95	9.55	9.68	9.81	10.17	9.53	9.42
Total	99.72	99.97	99.93	100.06	100.30	99.91	99.69	98.38	98.84
Si	2.985	2.990	2.998	2.982	2.972	2.981	2.984	2.966	2.985
Al ^{IV}	0.015	0.010	0.002	0.018	0.028	0.019	0.016	0.067	0.015
Al ^{VI}	1.973	1.968	1.968	1.949	1.954	1.943	1.938	1.866	1.925
Ti	0.003	0.006	0.006	0.008	0.006	0.008	0.007	0.01	0.005
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.021	0.023	0.023	0.039	0.035	0.024	0.049	0.115	0.079
Fe ²⁺	1.770	1.681	1.755	1.744	1.739	1.731	1.676	1.641	1.721
Mn	0.037	0.031	0.039	0.038	0.037	0.039	0.018	0.095	0.038
Mg	0.501	0.495	0.457	0.430	0.431	0.419	0.466	0.421	0.427
Ca	0.705	0.803	0.755	0.806	0.815	0.829	0.859	0.819	0.805
Total	8.010	8.006	8.002	8.013	8.018	8.014	8.013	8.000	8.000
Alm	59	56	59	59	58	58	56	57	58
Prp	17	17	15	14	14	14	15	15	15
Grs	24	27	26	27	28	28	29	28	27

1 až 7 - linie od okraje ke středu zrna

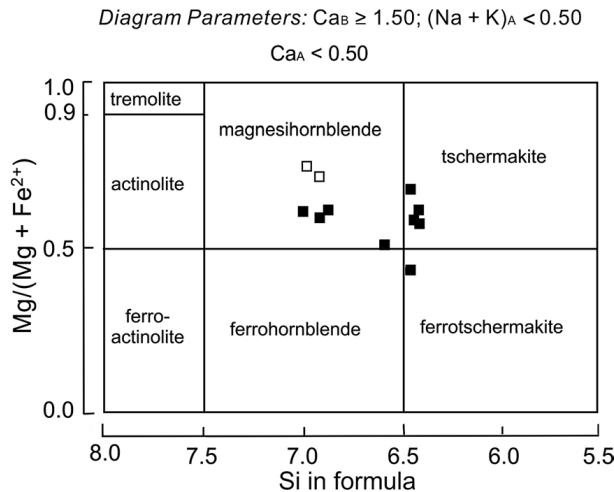
**Obr. 18** Uzavřenina biotitu (Bt), plagioklasu (Plg), rutilu (Rt) a ilmenitu (Ilm) v granátu (Grt). Mikrofotografie BSE. Foto P. Halodová.

ilmenit (Rt - Ilm), zirkon - apatit (Zrn - Ap), křemen - chlorit (Qtz - Chl), biotit - plagioklas - rutil - ilmenit (Bt - Pl - Rt - Ilm) (obr. 18). Velikost uzavření se pohybuje od několika μm do 20 až 50 μm (u vícečetných uzavření).

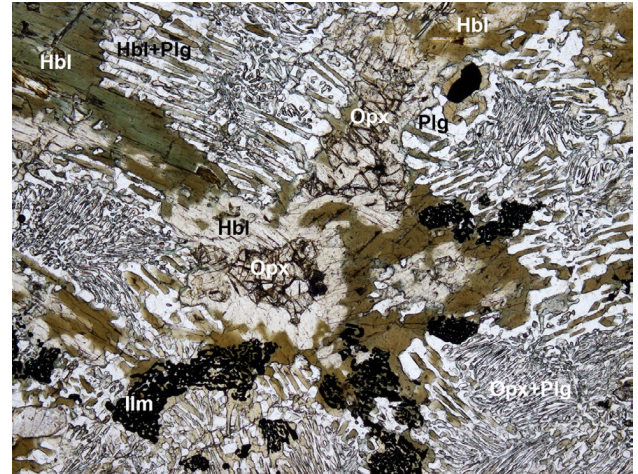
Chemické analýzy granátu jsou uvedeny v tabulce 5. Od bezprostředního okraje (anal. č. 4.) postupně do jádra (anal. č. 9.) na délce 850 μm byly provedeny bodové analýzy, které vykazují jen nezřetelný trend zonálnosti, což se projevuje v minimálním rozptylu obsahu hlavních složek (okraj - Alm₅₉, Prp₁₇, Grs₂₄; střed - Alm₅₆, Prp₁₅, Grs₂₉) (obr. 19). Obsah spesartinové složky je kolem 0.01.

**Obr. 19** Složení granátu vzorku A1 v diagramu pyrop - almandin - grosular (čtverečky). Pro porovnání jsou uvedeny analýzy granátu z eklogitů moldanubika (modrá kolečka - Dudek, Fediuková 1974) a z lokality Borek (červené elipsy - Messiga, Bettini 1990).

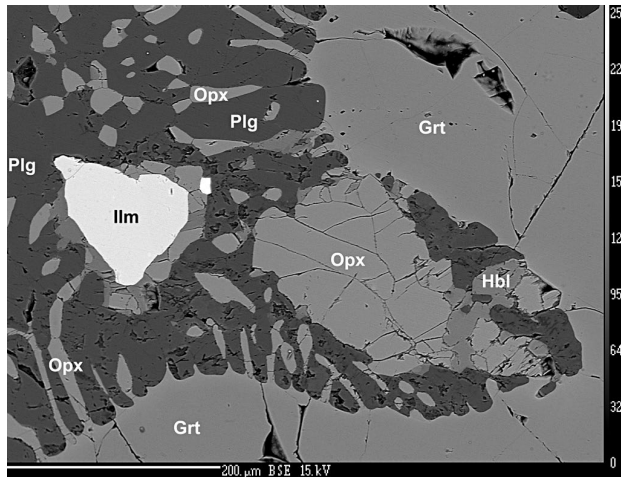
Amfibol (20 obj. %) tvoří porfyroblasty dlouze sloupcovitého habitu délky 8 až 22 mm, šířky 10 až 15 mm. Větší jedinci často uzavírají Opx-Pl (Cpx-Pl) symplektity (obr. 13). Dále se amfibol vyskytuje mezi jednotlivými Opx



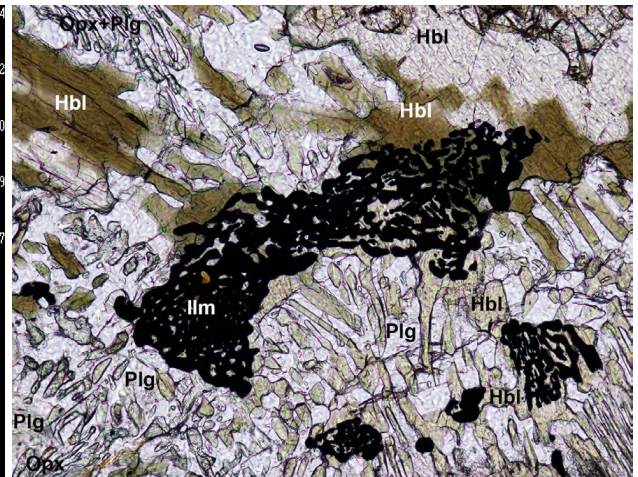
Obr. 20 Složení amfibolu $Ca_B \geq 1.50$; $(Na+K)_A < 0.50$; $Ca_A < 0.50$ (podle Leake at al. 1997). Bílé čtverečky - vzorek B2; černé čtverečky - vzorek A1.



Obr. 21 Postavení ortopyroxenu (Opx) ve struktuře horniny s amfibol-plagioklasovými (Hbl+Plg) a ortopyroxen-plagioklasovými (Opx+Plg) symplektitami, s amfibolem (Hbl) a ilmenitem (Ilm). Delší strana obrázku je 2.95 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 22 Přímý styk ortopyroxenu (Opx) s granátem (Grt), bílé zrno náleží ilmenitu (Ilm), symplektit je tvořen plagioklasem (Plg) a ortopyroxenem, šedý je amfibol (Hbl). Mikrofotografie BSE. Foto R. Škoda.



Obr. 23 Mikrofotografie retrogradně přeměněného eklogitu - výskyt ilmenitu (Ilm) ve struktuře horniny s amfibolem (Hbl), plagioklasem (Plg) a ortopyroxenem (Opx). Delší strana obrázku je 1.18 mm. Foto B. Šreinová.

-PI (Cpx-PI) symplektity ve struktuře horniny (obr. 12). Ilmenit je v amfibolu buď zcela zarostlý, nebo se vyskytuje na hranici mezi symplektitami a amfibolem. V amfibolu se ojediněle dají pozorovat jednotlivá zrna ortopyroxenu velikosti kolem 0.15 mm. Chemické analýzy amfibolu jsou uvedeny v tabulce 1, viz též obrázek 20.

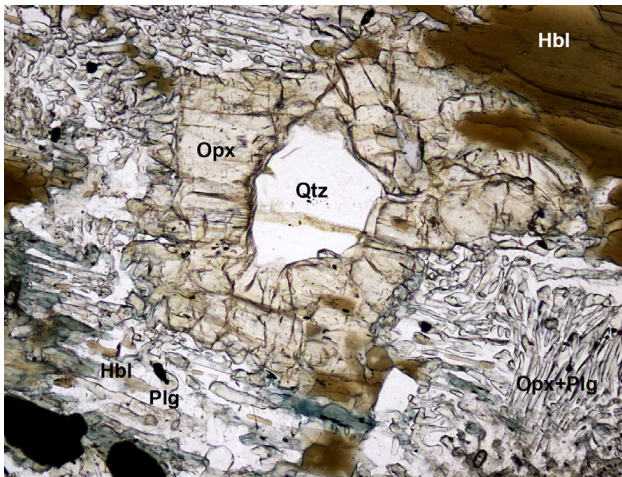
Ortopyroxen (5 obj. %) je xenomorfní, velikosti 0.2 až 0.8 mm, vyskytuje se v podobě symplektitu s plagioklasem a clinopyroxenem (obr. 21), nebo je přerostlý porfyroblastem amfibolu. V jednom případě byl zjištěn přímý kontakt mezi ortopyroxenem a granátem (obr. 22). Chemické analýzy ortopyroxenu jsou uvedeny v tabulce 2. Hodnota $Fe/(Fe+Mg)$ se pohybuje v rozmezí 0.57 - 0.61 (obr. 9).

Plagioklas (30 obj. %) je v rámci horniny přítomen v různých asociacích a strukturních polohách popsaných výše. Analýzy plagioklasu jsou uvedeny v tabulce 3. Zcela ojediněle byla pozorována zonálnost, kdy jádro (kolem 20 % plochy řezu zrnem) má bazicitu An_{54} , zbytek zrna (okraj) An_{85} .

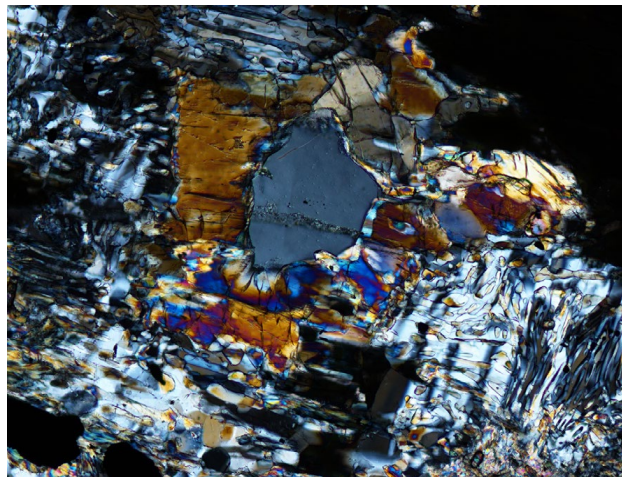
Ilmenit (2 obj. %) se vyskytuje hlavně v podobě ilme-

nit-amfibolových (Ilm-Hbl) symplektitů, které jsou složeny z drobných zrn ilmenitu velikosti 10 až 60 μm a drobných zrn magneziohornblendu (anal. č. 18, tab. 1), místy je přítomen též grünerit (anal. č. 29, tab. 1) a oblá zrna apatitu. V jádrech symplektitů se místy vyskytují celistvá zrna ilmenitu. Můžeme tak uvažovat o tvorbě ilmenitu ve společnosti s amfibolem. V jednom případě byl uvnitř celistvého zrna ilmenitu zjištěn rutil. Ilm-Hbl symplektity jsou protáhlých tvarů délky v desetínách mm až 1 mm a jsou situovány mezi jednotlivými Opx-PI (Cpx-PI) symplektitami, dále na hranici mezi Opx-PI (Cpx-PI) symplektitami a amfibolem (obr. 23). Prostorová distribuce Ilm-Hbl symplektitů mezi Opx-PI (Cpx-PI) symplektitami představuje s největší pravděpodobností rozložení původního rutilu ve struktuře původního eklogitu (O'Brien 1989). Ilmenit je též přítomen jako uzavřenina v granátu, často v těsné asociaci s rutilem. Analýzy ilmenitu jsou v tabulce 4 (anal. č. 2 a 3).

Zcela ojediněle se ve struktuře horniny objevují xenomorfní zrna **křemene** velikosti 0.4 - 0.6 mm, která jsou zcela obrostlá ortopyroxenem (Fs_{59} , anal. č. 15, tab. 2, obr. 24, 25). **Apatit** se vyskytuje v podobě obličných zrn ve-



Obr. 24 Mikrofotografie retrográdně přeměněného eklogitu. Postavení křemene (Qtz) a ortopyroxenu (Opx) ve struktuře horniny s amfibolem (Hbl), ortopyroxen-plagioklasovým (Opx+Plg) symplektitem, plagioklasem (Plg) a ilmenitem (vlevo dole, černý). Delší strana obrázku je 1.18 mm. Foto B. Šreimová.



Obr. 25 Mikrofotografie retrográdně přeměněného eklogitu. Postavení křemene a ortopyroxenu ve struktuře horniny s amfibolem, ortopyroxen-plagioklasovým symplektitem, plagioklasem a ilmenitem (vlevo dole, černý). Obrázek v polarizovaném světle, delší strana obrázku je 1.18 mm. Foto B. Šreimová.

likosti 0.15 - 0.25 mm, jednak volně ve struktuře horniny, dále uvnitř v Ilm-Hbl symplektitech. Někdy zrna tvoří nesouvislé řetízky, které ve struktuře horniny dosahují délky až 1 mm. Apatit je běžně zarostlý do granátu. **Zirkon** - jednotlivá drobná zrna do 10 μm se vyskytují ve struktuře horniny, ojediněle též ve větších (v desetínách mm) zrnech oblých tvarů i automorfních krátce sloupcovitých krystalů, dále jako uzavřenina v granátu. **Rutil** byl zjištěn v ojedinělých zrnech v ilmenitu a v křemenu, dále jako uzavřenina v granátu. **Biotit** - velmi zřídka tvoří jednotlivé lupínky ve struktuře horniny, vyskytuje se též jako uzavřenina v granátu. Jedná se Mg-biotit (Foster 1962). **Chlorit** - uzavřenina v granátu, pravděpodobně po biotitu. **K-živce** - uzavřenina v granátu. **Pyrit** - drobná (do 10 μm) zrna v granátu, ojediněle větší zrna v pseudomorfóze po granátu a mezi minerály základní hmoty.

Diskuse a závěr

V oblasti Čejkova, byli zjištěni dva odlišné typy retrogresovaných eklogitů, které se vzájemně liší stupněm retrogrese.

První typ představuje **pyroxenický amfibolit s pseudomorfózami po granátu (vzorek B2)**. Z dalších minerálů je tu přítomen Ca-amfibol, klinopyroxen, plagioklas a ortopyroxen (En_{56-59}). Tato hornina prošla během dekomprese rekrytalizací původní eklogitové minerální asociace, spolu s intenzivní deformací, přičemž se prakticky nezachovaly žádné palimpsestní struktury (symplektity po omfacitu, všesměrně zrnitá textura původního eklogitu). Vznikla zřetelná metamorfní foliace. Kolem pseudomorfózy po granátu (?) se zachovaly reakční zóny: zóna 1 - okrouhlé Opx-PI symplektity oklopující celý střed pseudomorfózy (Opx, PI, Bt); zóna 2 - Opx-PI symplektit, přilehlá jen z části na zónu 1 (obr. 8). Tyto symplektity vznikly v podmínkách granulitové facie (O'Brien, Vrána 1995; O'Brien 1997). Okrajová zóna (zóna 3) se rozkládá kolem celé pseudomorfózy. Je tvořena Hbl-PI symplektitem, jehož podmínky vzniku odpovídají amfibolitové facii (Messiga, Bettini 1990; Medaris et al. 1995). Hodnota $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ u ortopyroxenu se pohybuje v rozmezí 0.37 - 0.44. Biotit se zdá nejmladším minerálem celé asociace. Ilmenit se vyskytuje zřídka.

Druhý typ je **retrográdní eklogit s reliktním granátem**. Z dalších minerálů se tu vyskytují Ca-amfibol, Fe-Mg-Mn-Li-amfibol, granát, plagioklas a ortopyroxen (Fs_{54-61}) - vzorek A 1.

Po dekompresi a rekrytalizaci původní eklogitové asociace se zřetelně zachovaly obrysy textury/struktury eklogitu. V první řadě jsou to Opx-PI (Cpx-PI) symplektity pravděpodobně po omfacitu tvořící 75 obj. % horniny. Dále je to rozmístění ilmenitu, který se vyskytuje mezi Opx-PI (Cpx-PI) symplektity (obr. 23). Jednotlivá celistvá zrna ilmenitu jsou obklopena Ilm-Hbl symplektitem. Jen jednou byl v ilmenitu zjištěn rutil. Prostorová distribuce Ilm-Hbl symplektitů mezi Opx-PI (Cpx-PI) symplektity představuje s největší pravděpodobností rozložení původního rutilu ve struktuře původního eklogitu (O'Brien 1989).

Granát vykazuje nevýraznou zonálnost. Okraj má hodnoty Alm_{59} , Prp_{17} , Grs_{24} a střed Alm_{56} , Prp_{15} , Grs_{29} . Jde o almandin-grossular-pyropový typ (obr. 19). Obsah Mn složky se pohybuje okolo 0.01. Granát obsahuje uzavřené drobných tence sloupcovitých krystalů rutilu (délka do 0.01 mm), ojediněle tlustě sloupcovité jedince o délce 0.6 - 0.1 mm. Dalšími uzavřeninami jsou křemen, plagioklas, K-živce, chlorit, zirkon, biotit, pyrit a apatit v podobě jednotlivých zrn i skupin několika jmenovaných minerálů.

Symplektitový obal granátu (obr. 15) je tvořen tenkou zónou těsně přilehající k povrchu granátu (zóna 1), složenou z ortopyroxenu (Fs_{58}) a plagioklasu (An_{93}). Místy se vyskytují jednotlivá zrna amfibolu (grünerit). Další - zóna 2 - je zrnitá stavba. Tvoří ji ortopyroxen (Fs_{58}) a plagioklas (An_{94}), který je zcela ojediněle zonální (jádro An_{54}). Obě zóny Opx - PI vznikly v podmínkách granulitové facie (O'Brien, Vrána 1995, O'Brien 1997). Další studované granáty mají v lemu jen Opx-PI symplektit (zóna 1), ojediněle je tento lem přítomen jen na části povrchu granátu. Granát se potom přímo stýká s amfibolem základní hmoty. Absence Opx - PI zóny na povrchu granátu může být způsobena tvorbou amfibolu během retrogrese. Hodnota $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ u ortopyroxenu se pohybuje v rozmezí 0.57 - 0.61. Biotit je nejmladším minerálem celé asociace. Ilmenit je hojný.

Poděkování

Práce vznikla za podpory projektu Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2014/03, 00023272). Je milou povinností autorů poděkovat prof. Ing. S. W. Faryadovi, CSc. a RNDr. S. Vránovi, CSc. za konstruktivní připomínky k textu práce.

Literatura

- Dudek A., Fediuková E. (1974) Eclogites of the Bohemian Moldanubicum. *N. Jb. Miner. Abh.* 121, 2, 127-159.
- Faryad S. W., Perraki M., Vrána S. (2006) *P-T* evolution and reaction textures in retrogressed eclogite from Svetlík, the Moldanubian Zone (Czech Republic). *Mineral. Petrol.* 88, 297-319.
- Faryad S. W., Jedlička R., Coller S. (2013) Eclogite facies rocks of the Monotonous unit, clue to Variscan suture in the Moldanubian Zone (Bohemian Massif). *Lithos* 179, 353-363.
- Joanny V., Roermud H. v. (1991) The clinopyroxene/plagioclase symplectite in retrograde eclogites: a potential geothermobarometer. *Geol. Rdsch.* 80, 303-320.
- Leake B. E., Woolley A. R., Arps C. E. S., Birch W. D., Gilbert M. C., Grice J. D., Hawthorne F. C., Kato A., Kisch H. J., Krivovichev V. G., Linthout K., Laird J., Mandarino J. A., Maresch W. V., Nickel E. H., Rock N. M. S., Schumacher J. C., Smith D. C., Stephenson N. C. N., Ungaretti L., Whittaker L., Youzhi G. (1997) Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and minerals names. *Can. Mineral.* 35, 219-246.
- Litochleb J. (1980) Rutil a ilmenit z eklogitických hornin od Čejkova na Pelhřimovsku. *Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích* 20, 103-107.
- Litochleb J., Křišťák J. (1985) Závěrečná zpráva o geologickém mapování a vyhledávacím průzkumu na úseku Pelhřimov - Humpolec. *MS Geofond, P 047698*, 108 s.
- Liou J. G., Zhang R. Y., Ernst W. G., Rumble D., Maruyama S. (1998) High-pressure mineral from deeply subducted metamorphic rocks. In: *Ultrahigh-pressure mineralogy: Physics and chemistry of the Earth's deep interior*. Hemley R. J. (ed). *Mineral. Soc. Amer., Rev. Mineral.* 37, 33-96.
- Medaris L. G., Jelínek E., Misař Z. (1995) Czech eclogites: terrane setting and implications for Variscan tectonic evolution of the Bohemian Massif. *Eur. J. Mineral.* 7, 7-28.
- Messiga B., Bettini E. (1990) Reactions behaviour during kelyfite and symplectite formation: a case study of mafic granulites and eclogites from the Bohemian Massif. *Eur. J. Mineral.* 2, 125-144.
- Mysen B. O., Griffin W. L. (1973) Pyroxene stoichiometry and the breakdown of omphacite. *Am. Mineral.* 58, 60-63.
- O'Brien P. J. (1989) The petrology of retrograded eclogites of the Oberpfalz Forest, northeastern Bavaria. *Tectonophysics* 157, 195-212.
- O'Brien P. J. (1997) Garnet zoning and reaction textures in overprinted eclogites, Bohemian Massif, European Variscides: a record of their thermal history during exhumation. *Lithos* 41, 119-133.
- O'Brien P. J., Vrána S. (1995) Eclogites with short-lived granulite facies overprint in the Moldanubian Zone, Czech Republic: petrology, geochemistry and diffusion modeling of garnet zoning. *Geol. Rdsch.* 84, 473-488.
- Schumacher J. C. (1996) The estimation of the proportion of ferric iron in the electron-microprobe analysis of amphiboles. *Can. Mineral.* 34, 238-246.
- Vogel D. E. (1966) Nature and chemistry of the formation of clinopyroxene-plagioclase symplectite from omphacites. *N. Jb. Miner. Mt.* 6, 185-189.
- Whitney D. L., Evans B. W. (2010) Abbreviations for the names of rock-forming minerals. *Am. Mineral.* 95 (1), 185-187.