

Epidot z metabazaltov malužinského súvrstvia na lokalitách Lošonec a Sološnica v Malých Karpatoch (Slovensko)

Epidote from metabasalts of the Malužiná Formation from Lošonec and Sološnica in the Malé Karpaty Mts. (Slovakia)

PETER BAČÍK, MAREK VĎAČNÝ, DANIEL OZDÍN, JÁN KROMEL A PETER RUŽIČKA

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra mineralógie a petrológie, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; bacikp@fns.uniba.sk

BAČÍK P., VĎAČNÝ M., OZDÍN D., KROMEL J., RUŽIČKA P. (2011): Epidot z metabazaltov malužinského súvrstvia na lokalitách Lošonec a Sološnica v Malých Karpatoch (Slovensko). - *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **19/2**, 182-189. ISSN 1211-0329.

Abstract

Epidote was found in Permian rift-related metabasalts in two localities near Lošonec and Sološnica, Malé Karpaty Mountains, SW Slovakia. It occurs in association with calcite, albite, clinocllore and titanite and forms fillings of veins and also smaller scattered veinlets cutting basalts. Epidote is chemically and structurally similar on both localities. It has a relatively weak chemical zoning with Al-enriched core and Fe³⁺-rich rim of crystals. It is slightly enriched in Sr which contains up to 2.15 wt.%, 0.100 *apfu*. This enrichment in Sr is likely the result of geochemical properties of host rock, which locally contains up to 1000 ppm Sr. Lattice parameters of epidote from Lošonec ($a = 8.9067(8) \text{ \AA}$, $b = 5.6382(6) \text{ \AA}$, $c = 10.1724(9) \text{ \AA}$, $\beta = 115.33(1)^\circ$, $V = 461.72(4) \text{ \AA}^3$) and Sološnica ($a = 8.9075(8) \text{ \AA}$, $b = 5.6404(5) \text{ \AA}$, $c = 10.1742(8) \text{ \AA}$, $\beta = 115.39(1)^\circ$, $V = 461.78(7) \text{ \AA}^3$) also reflect the substitution of Sr for Ca. Mineral assemblage with epidote and associated minerals is likely a product of Alpine hydrothermal processes as a part of Alpine-type paragenesis.

Key words: epidote, electron microprobe, powder X-ray diffraction, metabasalts, Alpine-type vein, Malužiná formation

Úvod

V permských bázických vulkanitoch malužinského súvrstvia ipolitickej skupiny hronika Malých Karpát bola opísaná postmagmatická, prevažne hydrotermálna mineralizácia s výskytom výplní mandľovcových dutín, nepravidelných trhlín a žíl, tvorená najmä kalcitom, kremeňom, baritom, epidotom, chloritom, lokálne aj hematitom, datolitom, dolomitom, albitom, zoisitom (?), mastencom a ílovými minerálmi, pravdepodobne montmorillonitom (Vozár 1967; Hornáček 1983; Uher et al. 2010). V metabazaltoch je tiež vyvinutá Cu-mineralizácia s chalkopyritom, tenantitom, bornitom, chalkozínom, covellitom, digenitom a idaitom v asociácii s pyritom, markazitom, sfaleritom, galenitom, ako aj sekundárnou meďou, malachitom, azuritom, chryzokolom, sadrovcom a goethitom (Zepharovich 1873; Tóth 1882; Vozár 1967; Cubínek 1977; Hornáček 1983; Chovan et al. 1994; Ferenc, Rojkovič 2001).

Tento príspevok prináša mineralogický opis epidoty z dvoch lokalít v Malých Karpatoch, činných bazaltových lomov pri Lošonci a Sološnici. Epidoty boli skúmané pomocou elektrónovej mikroanalýzy a práškovej röntgenovej difraktometrie.

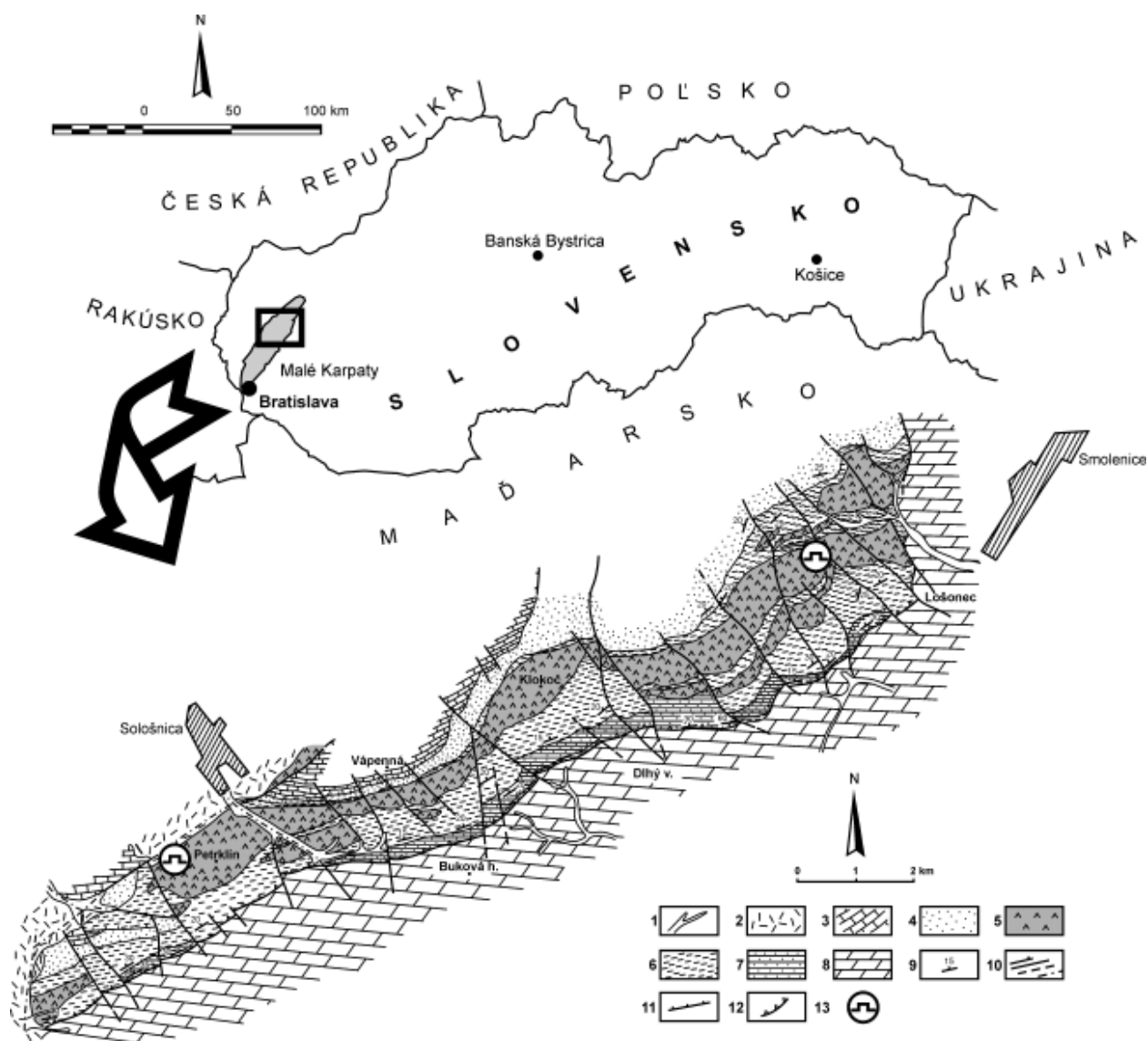
Lokalizácia, geologická a petrografická charakteristika

Lokalita Lošonec - Vŕšky sa nachádza na východnom úpätí Malých Karpát, 2,3 km zsz. od Bratislavy. Presná geografická poloha je 48°29'30" severnej zemepisnej šírky a 17°22'14" východnej zemepisnej dĺžky. Lokalita Sološnica - Petrklín sa nachádza na severozápadnej strane pohoria Malé Karpaty na juhozápadnom Slovensku a je

vzdialená asi 3 km jz. od Bratislavy. Geografická poloha tejto lokality je 48°26'40" severnej zemepisnej šírky a 17°12'25" východnej zemepisnej dĺžky (obr. 1). Obidve skúmané lokality predstavujú aktívne kameňolomy, ktoré sú situované v permských andezitovo-bazaltových vulkanitoch s polohami vulkanoklastík, ktoré sú zaraďované do malužinského súvrstvia ipolitickej skupiny hronika (Vozárová, Vozár 1988).

Ipolitická skupina reprezentuje vulkanosedimentárny komplex zložený z mnohonásobne sa nad sebou opakujúcich sedimentárnych cyklov malých i veľkých hrúbok a pozostáva z nižnobocianskeho a malužinského súvrstvia (Vozárová, Vozár 1981, 1988). Malužinské súvrstvie vystupuje v nadloží nižnobocianskeho súvrstvia, z ktorého sa pozvoľne vyvíja bez znakov prerušenia sedimentácie. Zahŕňa hrubú sukcesiu striedajúcich sa zlepcov, pieskocov a bridlíc so sporadickým zastúpením nerovnomerne hrubých medzivrstiev chemogénnych sedimentov. Súčasťou malužinského súvrstvia sú produkty polyfázového synsedimentárneho riftogénneho andezitovo-bazaltového vulkanizmu s kontinentálnym tholeiitickým magmatickým trendom (Vozár 1997; Dostal et al. 2003). Malužinské súvrstvie predstavuje časové rozpätie spodný až vrchný perm (Planderová 1973; Planderová, Vozárová 1982), čo bolo potvrdené aj na základe ²⁰⁶Pb/²³⁸U a ²⁰⁷Pb/²³⁵U datovania, z uránonosných vrstiev vrchnej časti druhého megacyklu bol doložený vek 263 ± 11 mil. rokov (Rojkovič 1997).

Permské vulkanity malužinského súvrstvia, ktoré predstavujú produkty spomenutého vulkanizmu, tvoria v severnej časti Malých Karpát približne 17,5 km dlhé a 0,5 - 1,3 km široké pásmo, ktoré sa tiahne v smere JZ



Obr. 1 Geologická mapa mladšieho paleozoika hronika v pohorí Malé Karpaty s pozíciou študovaných lokalít (Vozárová, Vozár 1988, upravené). Vysvetlivky: 1 - kvartérne sedimenty; 2 - terciérne sedimenty; hronikum - štúrecký príkrov; 3 - stredný a vrchný trias: karbonáty nečlenené; 4 - spodný trias: kremenné pieskovce, bridlice; 5 - mladšie paleozoikum - perm: andezity, bazalty a vulkanoklastiká (malužinské súvrstvie); 6 - mladšie paleozoikum - perm: zlepenec, pieskovce, bridlice s prímесou vulkanogénneho materiálu (malužinské súvrstvie); 7 - mladšie paleozoikum - stefan: sivé zlepenec, pieskovce, bridlice (nižnobocianske súvrstvie); 8 - mezozoikum nečlenené; 9 - vrstevná bridličnosť; 10 - zlomy; 11 - prešmyky; 12 - násunová línia príkrovov; 13 - lokality (kameňolom Sološnica-Peterklin a kameňolom Lošonec-Vfšky).

- SV, od obce Kuchyňa po Smolenice (obr. 1). Tieto horniny tvoria tenké, mnohonásobne sa nad sebou opakujúce výlevné telesá. Makroskopicky majú poróznu, drobnoporfyrickú a mandľovcovú textúru. Dominantnou časťou štruktúry sú dlhoprizmatické tenké kryštály plagioklasov usporiadané do ofitickej, subofitickej a drobnoporfyrickej štruktúry. Priestory medzi plagioklasmi vyplní devitrifikovaná sklovitá hmota. Obsahuje množstvo drobných kryštálov Fe-Ti oxidov, drobných zŕn kalcitu, jemných šupiniek chloritu a agregátov prehnitu. Lokálne zachované mafické fenokrysty sú tvorené augitom (Dostal et al. 2003).

Metodika

Epidot bol analyzovaný pomocou elektrónovej mikroanalýzy na prístroji Cameca SX100 (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave) vlnovo-disperznou bodovou analýzou (WDS) za nasledujúcich analytických

podmienok: urýchľovacie napätie 15 kV, vzorkový prúd 40 nA, priemer elektrónového lúča 5 μm . Na meranie boli použité nasledovné štandardy: wollastonit (Si K α , Ca K α), TiO₂ (Ti K α), ThO₂ (Th K α), UO₂ (U K α), Al₂O₃ (Al K α), V (V K α), Cr (Cr K α), syntetické fosfáty LaPO₄ - LuPO₄ a YPO₄ (REE L α), fayalit (Fe K α), rodonit (Mn K α), Ni (Ni K α), forsterit (Mg K α), SrTiO₃ (Sr K α), barit (Ba K α), albit (Na K α), ortoklas (K K α), LiF (F K α), a NaCl (Cl K α). Obsahy REE, Y, Th, U, Ni, Ba, F a Cl boli vo všetkých analýzach pod detekčným limitom. Kryštalochemické vzorce boli prepočítané na sumu 8 (A+M+T) katiónov podľa postupu publikovaného v práci Armbruster et al. (2006).

Prášková rtg. difrakčná analýza bola vykonaná na prístroji BRUKER D8 Advance (Katedra mineralógie a petrológie, PriF UK v Bratislave) v geometrii Bragg-Brentano s Cu antikatódou ($\lambda\alpha = 1,5406 \text{ \AA}$), Ni K β filtraami a detektorom LynxEye, pri napätí 40 kV a prúde 40

mA. Krok zaznamenávania intenzít bol $0.01^\circ 2\theta$ s dobou 3 s/krok, meraný rozsah záznamu $2 - 65^\circ 2\theta$. Difrakčné záznamy boli spracované pomocou programu *DiffraC^{plus} EVA* (Bruker 2010a). Mriežkové parametre boli spresnené pomocou programu *DiffraC^{plus} TOPAS* (Bruker 2010b) na základe štruktúry epidotu (Nagashima, Akasada 2010) s použitím pseudo-Voightovej funkcie.

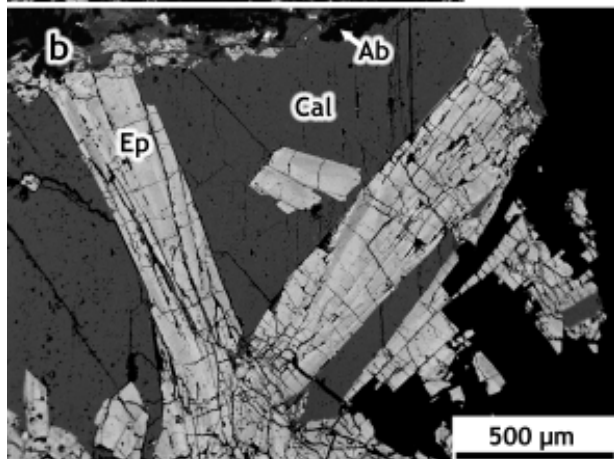
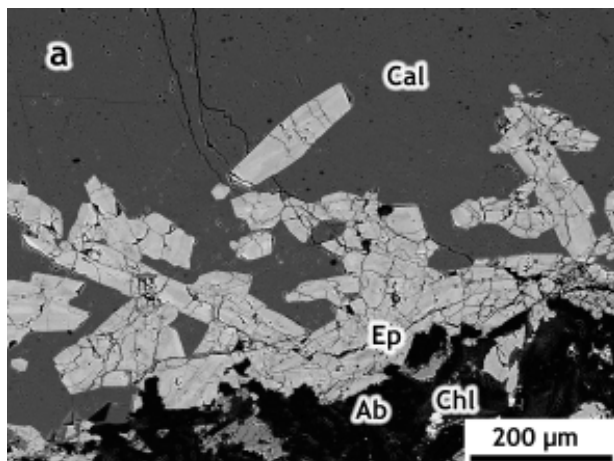
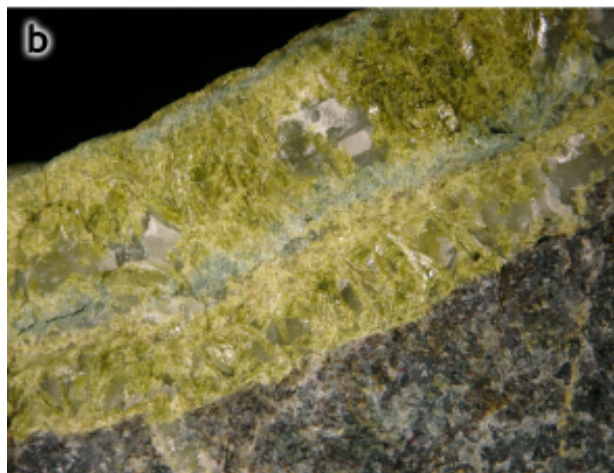
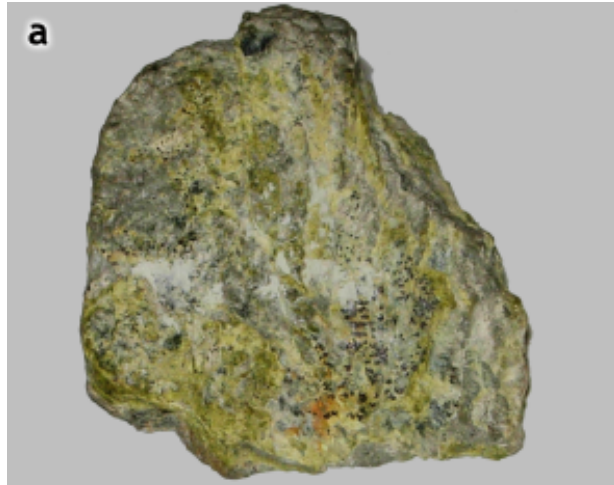
Výsledky

Na lokalite Sološnica je epidot spolu s kalcitom a albitom ($An_{0.004}$) výplňou žil v bazalte s hrúbkou do 10 cm (obr. 2). Olivovozelené kryštály epidotu sú idiomorfné až hypidiomorfné, s veľkosťou do 2 mm (obr. 3b, 4b).

Epidot v študovanej vzorke z lokality Lošonec vystupuje spolu s kalcitom, albitom, klinochlórom a titanitom ako súčasť výplne vertikálne uloženej žily s hrúbkou cca. 60 cm v bazalte, ktorá sa nachádza v ľavej časti vrchnej etáže kameňolomu. Žila je intenzívne kataklazovaná a má brekciovitú textúru. Žilná výplň je makroskopicky svetlosivej farby so zeleným odtieňom (obr. 3a). Epidot sa



Obr. 2 Epidotová žila v metabazalte v Sološnici. Foto D. Ozdín.



Obr. 3a Fotografia úlomku (šírka 3.5 cm) žilnej výplne s epidotom (zelený), albitom (sivý) a kalcitom (biely) z Lošonca (foto Daniel Ozdín); b - Mikrofoto žilky epidotu (olivovozelený) s kalcitom (biely) zo Sološnice. Šírka záberu 15 mm. Foto M. Šteško.

Obr. 4 BSE snímky epidotu (Ep) s kalcitom (Cal), albitom (Ab) a klinochlórom (Chl) z a) Lošonca; b) Sološnice. Foto D. Ozdín.

nachádza v podobe idiomorfných až hypidiomorfných olivovo-zelených kryštálov veľkosti do 0.5 mm tvoriacich žilky v kalcitovo-albitovej žilovine (obr. 3a, 4a).

Z hľadiska chemického zloženia sú epidoty z Lošonca aj Sološnice veľmi podobné a majú tiež veľmi podobnú nepravidelnú nevýraznú chemickú zonálnosť (obr. 4). Epidot s vyšším obsahom Al a teda vyšším podielom klinozoisitového komponentu sa obvykle objavuje vo vnútorných zónach kryštálov, na okrajoch sa obsah Al zvyčajne znižuje a epidot sa približuje zloženiu koncového člena (tab. 1, obr. 5). V epidotoch z oboch lokalít je tiež mierne zvýšený obsah Sr (do 2.15 hm. %, 0.100 *apfu*, tab. 1).

Práškové röntgenové difrakčné záznamy (tab. 2 a 3) aj vypočítané mriežkové parametre (tab. 4) podobne ako elektrónové mikroanalýzy ukazujú minimálne rozdiely medzi epidotmi z oboch lokalít. V porovnaní s publikovanými údajmi pre epidot a klinozoisit majú epidoty z Lošonca aj Sološnice mierne vyššie hodnoty mriežkových parametrov *a*, *b* aj *c* a menší uhol β (tab. 4). To môže byť spôsobené substitúciou Sr za Ca, čo potvrdzuje aj porovnanie s mriežkovými parametrami pre epidot-(Sr), ktorý má výrazne väčšie mriežkové parametre *a*, *b* aj *c* a menší uhol β . Epidoty zo študovaných lokalít padajú do trendu epidot-epidot-(Sr) (obr. 6).

Diskusia a záver

Chemické zloženie epidotu

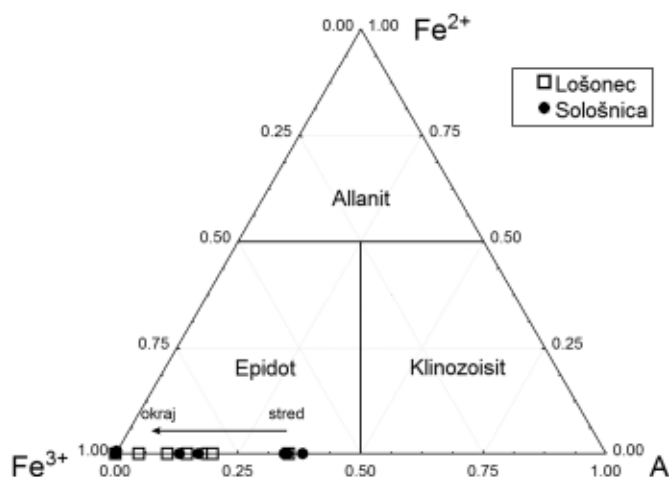
Epidot z Lošonca a Sološnice môže aj napriek nevýraznej zonalite a pomerne jednoduchému chemickému zloženiu indikovať isté genetické aspekty žil v metabazaltoch. Pokles obsahu Al a zvyšovanie podielu Fe^{3+} od stredy k okraju kryštálov môže signalizovať znižovanie teploty a súčasne zvyšovanie fugacity kyslíka počas rastu kryštálov (Holdaway 1972; Liou 1973; Liou et al. 1983; Grapes, Hoskin 2004). Zvýšený obsah stroncia v epidote môže indikovať vplyv horninového prostredia. Stroncium s vápnikom sú v epidotoch voľne miešateľné (Grapes, Hoskin 2004). Minerály epidotovej skupiny býva-

Tabuľka 1 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy epidotu z Lošonca a Sološnice

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	37.32	36.58	36.68	37.29	37.14	36.99
TiO ₂	0.04	0.04	0.00	0.13	0.14	0.13
Al ₂ O ₃	25.45	23.42	20.62	24.91	24.62	20.36
V ₂ O ₃	0.01	0.05	0.00	0.00	0.02	0.11
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.01
Fe ₂ O ₃ *	10.49	13.10	16.94	10.55	10.65	16.62
FeO*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
MnO	0.38	0.28	0.60	0.31	0.22	0.05
MgO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	1.37	2.15	0.68	1.27	1.39	0.17
CaO	22.67	22.19	22.50	22.66	22.56	22.93
H ₂ O**	1.89	1.86	1.85	1.87	1.86	1.85
Suma	99.66	99.66	99.94	99.01	98.63	99.32
Si	2.964	2.945	2.969	2.984	2.987	3.005
Al	0.036	0.055	0.031	0.016	0.013	0.000
ΣT	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.005
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.074	0.000	0.000	0.025
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
Cr	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001
Al	1.003	0.982	0.936	0.989	0.981	0.949
Ti	0.002	0.002	0.000	0.008	0.008	0.008
$\Sigma M1$	1.006	0.985	1.013	0.996	0.990	0.991
Al	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
$\Sigma M2$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mn	0.026	0.019	0.042	0.021	0.015	0.003
Fe ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
Mg	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.627	0.794	0.958	0.635	0.644	0.991
V	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	0.343	0.184	0.000	0.344	0.339	0.000
$\Sigma M3$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
$\Sigma A1$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ca	0.931	0.914	0.954	0.944	0.935	0.992
Sr	0.063	0.100	0.032	0.059	0.065	0.008
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\Sigma A2$	0.994	1.014	0.986	1.004	1.000	1.000
OH ⁻	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Fe₂O₃ a FeO vypočítané z nábojovej bilancie; **H₂O vypočítané pre OH = 1 *pfu*. Analýzy 1 - 3 Lošonec; 4 - 6 Sološnica.

Obr. 5 Klasifikačný diagram Fe²⁺ - Fe³⁺ - Al v pozícii M3 pre minerály epidotovej skupiny.



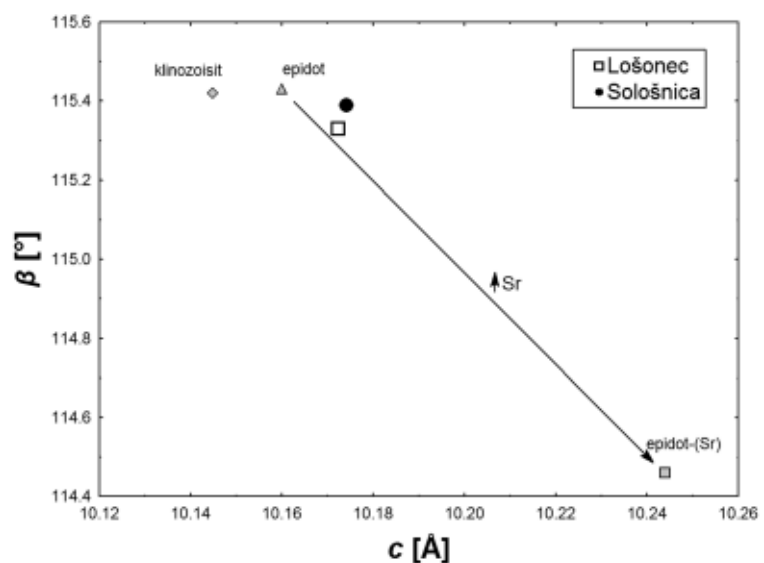
Tabuľka 2 Práškový rtg. difrakčný záznam epidotu z Lošonca

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{mer.} [Å]	<i>I</i> [%]	<i>d</i> _{kalk.} [Å]	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{mer.} [Å]	<i>I</i> [%]	<i>d</i> _{kalk.} [Å]
0	0	1	9.22	19	9.19	2	-2	-3	2.1104	27	2.1098
1	0	0	8.05	23	8.05	0	2	3	2.0761	24	2.0748
1	0	-2	5.027	43	5.024	4	-1	-2	2.0708	19	2.0709
1	1	0	4.621	21	4.618	2	2	2	1.88149	21	1.88608
0	0	2	4.607	22	4.597	1	1	4	1.87718	24	1.88177
2	0	-2	3.993	30	3.991	1	2	3	1.87718	24	1.88175
2	-1	-1	3.497	38	3.495	2	-2	-4	1.87203	21	1.87536
1	0	2	3.413	23	3.413	1	-1	-5	1.87203	21	1.87377
1	-1	-3	2.903	100	2.903	3	1	2	1.86182	14	1.86659
0	2	0	2.818	32	2.819	0	2	4	1.77778	14	1.78146
2	1	1	2.794	20	2.794	1	-3	-3	1.64178	24	1.64326
2	-1	-3	2.770	16	2.771	1	0	-6	1.63944	26	1.63973
0	1	3	2.693	36	2.693	4	2	0	1.63653	22	1.63800
3	0	0	2.686	30	2.683	1	2	4	1.62751	23	1.62914
1	-2	-1	2.660	25	2.658	0	3	3	1.59875	14	1.60214
3	-1	-1	2.604	40	2.604	5	0	-5	1.59439	18	1.59624
3	-1	-2	2.599	35	2.597	4	0	-6	1.58883	21	1.59055
2	0	2	2.538	25	2.538	3	-3	-1	1.57964	18	1.58285
1	0	3	2.526	20	2.527	3	-3	-2	1.57964	18	1.58126
1	0	-4	2.5083	21	2.5121	1	1	5	1.57660	16	1.58029
2	0	-4	2.5098	21	2.5118	1	-1	-6	1.57115	16	1.57450
3	-1	-3	2.4045	42	2.4060	5	1	0	1.54449	18	1.54818
2	-2	-2	2.2985	22	2.3025	4	1	2	1.54217	17	1.54645
3	0	-4	2.2985	22	2.2977	0	2	5	1.53696	15	1.54017
1	-1	-4	2.2908	20	2.2947	5	-1	-5	1.53236	16	1.53587
4	0	-1	2.1687	24	2.1695	3	-3	-3	1.53236	16	1.53501
1	-2	-3	2.1649	20	2.1665	0	0	6	1.52893	15	1.53238
3	-1	-4	2.1263	45	2.1278	4	-1	-6	1.52893	15	1.53080
2	2	1	2.1209	35	2.1200	2	2	4	1.45889	23	1.45972

jú obohatené o Sr oproti svojej materskej hornine, ale jeho koncentrácia je závislá od obsahu Sr v horninovom prostredí (Frei et al. 2004). Stroncium sa viaže na minerály bohaté na Ca - anortit, titanit, apatit a kalcit (Frei et al. 2004). Tieto minerály sú v bazaltoch veľmi hojné, preto aj metabazalty maluzinského súvrstvia sú lokálne obohatené o Sr, ktorého obsahy sa pohybujú od 10 do 1000 ppm (Cubínek 1971). Zvýšený obsah Sr v epidotoch je teda pravdepodobne dôsledkom chemického zloženia bazaltov, v ktorých sa žily s epidotom nachádzajú.

Genéza epidotu

V metabazaltoch maluzinského súvrstvia boli opísané viaceré mineralizácie. Žilná mineralizácia s epidotom, albitom, kalcitom a klinochlórom v Lošonci a Sološnici je hydrotermálneho pôvodu, prípadne fluidá, z ktorých minerály precipitovali, mohli byť zmesou hydrotermálnych a metamorfogénnych roztokov a lokálne aj juvenilných



Obr. 6 Graf závislosti mriežkového parametra *c* a uhla β v mineráloch epidotovej skupiny. Údaje pre klinozoisit, epidot a epidot-(Sr) sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 3 Práškový rtg. difrakčný záznam epidotu zo Sološnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{mer.} [Å]	<i>I</i> [%]	<i>d</i> _{kalk.} [Å]	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{mer.} [Å]	<i>I</i> [%]	<i>d</i> _{kalk.} [Å]
1	0	0	8.05	37	8.05	4	-1	-1	2.0245	16	2.0245
1	0	-1	7.98	24	7.98	4	0	0	2.0117	26	2.0117
1	0	-2	5.03	61	5.03	2	2	2	1.88565	20	1.88565
2	0	0	4.023	62	4.023	1	1	4	1.88090	23	1.88091
2	0	-2	3.992	33	3.992	2	-2	-4	1.87603	34	1.87604
1	1	1	3.771	20	3.771	1	-2	-4	1.87585	34	1.87585
2	-1	-1	3.495	44	3.495	3	1	2	1.86548	21	1.86548
1	0	2	3.410	48	3.410	3	-2	-4	1.78185	16	1.78185
2	0	1	3.214	49	3.214	0	2	4	1.78138	16	1.78138
0	0	3	3.064	29	3.064	5	0	-2	1.77478	18	1.77478
3	0	-2	2.926	35	2.926	4	-1	-5	1.70863	18	1.70863
1	1	2	2.918	32	2.918	5	0	-4	1.70608	19	1.70608
1	-1	-3	2.903	100	2.903	2	0	4	1.70512	19	1.70512
0	2	0	2.820	33	2.820	2	-3	-2	1.70096	17	1.70096
2	1	1	2.792	25	2.793	2	0	-6	1.69330	19	1.69330
2	-1	-3	2.772	18	2.772	5	-1	-2	1.69295	19	1.69295
0	2	1	2.695	57	2.696	3	0	3	1.69055	19	1.69055
0	1	3	2.692	51	2.692	1	-3	-3	1.64381	26	1.64381
3	0	0	2.683	64	2.682	5	-1	-1	1.64093	47	1.64094
1	2	0	2.661	28	2.661	4	2	0	1.63774	45	1.63774
1	-2	-1	2.659	27	2.659	4	-2	-4	1.62934	29	1.62934
3	-1	-1	2.602	40	2.604	1	2	4	1.62874	28	1.62875
3	-1	-2	2.598	30	2.598	1	-2	-5	1.62408	22	1.62408
2	0	2	2.536	41	2.536	2	3	1	1.62286	20	1.62286
1	0	3	2.526	20	2.526	2	-1	-6	1.62180	21	1.62180
2	0	-4	2.513	22	2.513	2	-3	-3	1.61876	19	1.61876
1	0	-4	2.512	22	2.512	3	2	2	1.61870	19	1.61870
1	2	1	2.4648	19	2.4648	0	3	3	1.60246	18	1.60246
1	-2	-2	2.4594	22	2.4594	5	0	-5	1.59696	19	1.59696
3	-1	-3	2.4071	41	2.4071	4	0	-6	1.59126	20	1.59126
0	2	2	2.4037	45	2.4037	3	-3	-1	1.58325	21	1.58325
2	-2	-1	2.3827	18	2.3827	3	-3	-2	1.58182	23	1.58182
1	1	3	2.3051	24	2.3051	1	1	5	1.57957	26	1.57957
2	-2	-2	2.3035	24	2.3035	5	1	0	1.54760	22	1.54760
1	-1	-4	2.2948	25	2.2948	4	1	2	1.54551	24	1.54551
1	2	2	2.1733	19	2.1733	3	-3	-3	1.53564	16	1.53564
4	0	-1	2.1691	30	2.1691	4	-1	-6	1.53148	18	1.53148
1	-2	-3	2.1672	28	2.1672	6	0	-4	1.46324	20	1.46324
4	0	-3	2.1593	20	2.1593	3	0	4	1.46246	20	1.46247
2	2	1	2.1198	27	2.1198	5	-2	-4	1.45975	21	1.45975
2	-2	-3	2.1107	25	2.1107	2	2	4	1.45915	20	1.45916
0	2	3	2.0750	27	2.0750	0	3	4	1.45511	18	1.45511
4	-1	-2	2.0712	25	2.0712	2	0	5	1.45298	18	1.45298
2	0	3	2.0503	25	2.0503	2	-2	-6	1.45173	17	1.45173
3	-2	-1	2.0338	18	2.0338	3	-2	-6	1.44018	19	1.44018
3	-2	-2	2.0307	17	2.0307	6	-1	-3	1.43562	17	1.43562

Tabuľka 4 Mriežkové parametre epidotu z Lošonca a Sološnice a porovnanie s publikovanými údajmi

minerál	lokalita	citácia	a [Å]	b [Å]	c [Å]	β [°]	V [Å ³]
epidot	Lošonec	táto práca	8.9067(8)	5.6382(6)	10.1724(9)	115.33(1)	461.72(4)
epidot	Sološnica	táto práca	8.9075(8)	5.6404(5)	10.1742(8)	115.39(1)	461.78(7)
epidot	syntetický	Nagashima, Akasada (2010)	8.8902	5.6366	10.1600	115.43	459.79
klinozoisit	syntetický	Dorsam et al. (2007)	8.8652	5.5753	10.1449	115.42	452.88
epidot-(Sr)	Ananai	Minakawa et al. (2008)	8.928	5.652	10.244	114.46	470.53

vôd. Asociácia vápenatých minerálov - epidotu a kalcitu, spolu s albitom a klinochlórom je charakteristická pre minerálne asociácie alpskej paragenézy v bazických horninách (Bernard ed. 1981). Podobné Ca-bohaté minerálne asociácie silikátov, fosfátov a karbonátov sú známe z bazických hornín napríklad pri Gemerskej Polome - mangánaxinit, fero-axinit, aktinolit, titanit, andradit, allanit-(Ce), fluórapatit, kalcit (Ozdín et al. 2006) alebo pri Miskolci - fero-axinit, epidot, kalcit (Szakáll, Földvári 1995; Ozdín et al. 2006).

Žily alpského typu boli opísané aj v Malých Karpatoch. Pri Limbachu bola opísaná axinitová paragenéza v sivozelených metabazitoch s fero-axinitom, aktinolitom, kalcitom, albitom, kremeňom, pyritom, chalkopyritom (Ozdín et al. 2006, Vrána 1966a). Kremenná žila s turmalínom, albitom, klinochlórom a muskovitom bola nájdená v spodnopaleozoických pararulách pri Limbachu (Uher et al. 2009) a zeolitová paragenéza (analcím, natrolit, kalcit, pyrit) v aktinolitických bridliciach na ložisku Pezinok-Trojárová (Ozdín et al. 2008). Alpská paragenéza reprezentovaná albitom, chamositom, kremeňom, zirkónom, apatitom a monazitom-(Ce) vystupuje aj na Fe-karbonátových hydrotermálnych žilách pri Častej v Malých Karpatoch (Ozdín, nepubl. údaje).

Vyššie uvedené mineralizácie podobné štádiám alpskej paragenézy sú odlišné od mineralizácií v bazaltoch spájaných s postmagmatickými hydrotermálnymi procesmi. Tieto mineralizácie reprezentované dominantne prínosom SiO₂, bohatých fluid, menej karbonátmi (najmä kalcitom), sa hojne vyskytujú v amygdaloidných dutinách. Problematická je genéza datolitu a sprievodných minerálov (kremeň, kalcit, titanit, talk/stevensit, hematit) na lokalite Lošonec (Uher et al. 2010), kde tieto minerály tvoria výplň dutín a puklín a ich vznik je odvodený od pôsobenia hydrotermálnych fluid počas postmagmatického štádia. Prehnit a pumpellyit sú typickými minerálmi žíl v metabazaltoch na viacerých lokalitách, napr. v Kvetnici (Vrána 1966b; Vozár 1976), v Šalkovej a pumpellyit-(Al) aj v Sološnici (Ozdín, nepubl. údaje).

Epidotovo-kalcitovo-albitové žily v permských metabazaltoch Západných Karpát sú viazané na intenzívne kataklazované zóny. V obidvoch lomoch je tiež možné pozorovať veľké množstvo tektonických zrkadiel v metabazaltoch. Vznik kataklazovaných zón aj tektonických zrkadiel je viazaný na tektonické procesy spojené s vrchnojurskou až terciárnou kontrakciou alpínskeho orogénu, ktorá viedla k presunu príkrovov počas vrchnej kriedy (Plašienka 2003). Tektonometamorfné procesy v prehnitovo-pumpellyitovej fácií spojené s kriedovou kontrakciou tiež viedli k mobilizácií fluid, z ktorých precipitoval nielen prehnit a pumpellyit známe z viacerých lokalít v permských metabazaltoch (Vrána 1966b; Vrána, Vozár

1969; Vozár 1976), ale aj epidotovo-kalcitovo-albitová mineralizácia v Lošonci a Sološnici.

Charakteristická minerálna asociácia štádia alpskej paragenézy, žilný charakter mineralizácie, väzba žíl v bazaltoch na pukliny a kataklazované zóny a subvertikálne až vertikálne uloženie žíl v Lošonci a Sološnici (obr. 2) poukazujú na to, že mineralizácia je alpínska, pričom bazalty boli pretínané žilami už v príkrovovej pozícii. To potvrdzuje aj neprerušovaný priebeh žíl (obr. 2), ktoré by boli podobne ako samotné metabazalty výrazne postihnuté tektonickými procesmi spojenými s presúvaním príkrovu hronika vo vrchnej kriede (Plašienka 2003), ak by bola mineralizácia staršia ako vrchnokriedová.

PodĎakovanie

Autori ďakujú za podporu tejto práce projektom APVV VVCE-0033-07, APVV-0081-10 a VEGA-1/0255/11. Tiež ďakujú Igorovi Petrikovi a anonymnému recenzentovi za kritické posúdenie manuskriptu.

Literatúra

- Armbruster T., Bonazzi P., Akasaka M., Bermanec V., Chopin C., Gieré R., Heuss-Assbichler S., Liebscher A., Menchetti S., Pan Y., Pasero, M. (2006): Recommended nomenclature of epidote-group minerals. - *Eur. J. Mineral.* **18**, 551–567.
- Bernard J. H., ed. (1981): Mineralogie Československa. - 1-645, Academia, Praha.
- Bruker (2010a): DIFFRACplus EVA. - <http://www.bruker-axs.com/eva.html>
- Bruker (2010b): DIFFRACplus TOPAS. - <http://www.bruker-axs.de/topas.html>
- Cubínek J. (1971): Geochemický výskum stopových prvkov v melafyrových horninách Malých Karpát. - MS, Diplomová práca. Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava.
- Cubínek J. (1977): Die Distribution der Mikroelemente in Melaphyrgesteinen der Kleinen Karpaten. - *Záp. Karpaty Sér. Mineral. Petrogr. Geoch. Lož.* **3**, 87-145.
- Dorsam G., Liebscher A., Franz G., Gottschalk M. (2007): Crystal chemistry of synthetic Ca₂Al₃Si₃O₁₂OH - Sr₂Al₃Si₃O₁₂OH solid solution series of zoisite and clinozoisite. - *Am. Mineral.* **92**, 1133-1147.
- Dostal J., Vozár J., Keppie J. D., Hovorka D. (2003): Permian volcanism in the Central Western Carpathians (Slovakia): Basin-and-Range type rifting in the southern Laurussian margin. - *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)* **92**, 27-35.
- Ferenc Š., Rojkovič I. (2001): Copper mineralization in the Permian basalts of the Hronicum unit, Slovakia. - *Geolines* **13**, 22-27.

- Frei D., Liebscher A., Franz G., Dulski P. (2004): Trace element geochemistry of epidote minerals. - In: Liebscher A., Franz G. (eds.): *Epidotes. Rev. Mineral. Geochem.* **56**, 553-605.
- Grapes R. M., Hoskin P. W. O. (2004): Epidote group minerals in low-medium pressure metamorphic terranes. - In: Liebscher A., Franz G. (eds.): *Epidotes. Rev. Mineral. Geochem.* **56**, 301-345.
- Holdaway M. J. (1972): Thermal stability of Al-Fe epidote as a function of f_{O_2} and Fe content. - *Contrib. Mineral. Petrol.* **37**, 307-340.
- Hornáček M. (1983): Štúdium mineralizácie vo vulkanických horninách permského veku na lokalite Lošonec v Malých Karpatoch. - MS, Diplomová práca. Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava.
- Chovan M., Háber M., Jeleň S., Rojkovič I. (eds.) (1994): Ore textures in the Western Carpathians. - 1-219, Slovak Academic Press, Bratislava.
- Liou J. G. (1973): Synthesis and stability relations of epidote, $Ca_2Al_2FeSi_3O_{12}(OH)$. - *J. Petrology* **14**, 381-413.
- Liou J. G., Kim H. S., Maruyama S. (1983): Prehnite-epidote equilibria and their petrologic applications. - *J. Petrology* **24**, 321-342.
- Minakawa T., Fukushima H., Nishio-Hamane D., Miura H. (2008): Epidote-(Sr), $CaSrAl_2Fe(Si_2O_7)(SiO_4)(OH)$, a new mineral from the Ananai mine, Kochi Prefecture, Japan. - *J. Miner. Petrol. Sci.*, **103**, 400-406.
- Nagashima M., Akasada M. (2010): X-ray Rietveld and ^{57}Fe Mössbauer studies of epidote and piemontite on the join $Ca_2Al_2FeSi_3O_{12}(OH)$ - $Ca_2Al_2MnSi_3O_{12}(OH)$ formed by hydrothermal synthesis. - *Am. Mineral.* **95**, 1237-1246.
- Ozdín D., Volek M., Števkó M. (2006): Study of hydrothermal veins with axinites from the Western Carpathians. - *Acta Min.-Petr.* **5**, 87.
- Ozdín D., Sečkář P., Števkó M. (2008): Nové nálezy minerálov z Pezinku v Malých Karpatoch. - *Minerál* **16**, 528-533.
- Planderová E. (1973): Palynological research in the melafyre series of the Choč Unit in the NE part of Nízke Tatry between Spišský Štiavnik and Vikartovce. - *Geol. Práce, Zpr.* **60**, 143-168.
- Planderová E., Vozárová A. (1982): Biostratigraphical correlation of the Late Paleozoic formations in the West Carpathians. - In: Sassi F. P. (ed.): Newsletter 4, 67-71. *IGCP Pr. No. 5*, Padova.
- Plašienka D. (2003): Dynamics of Mesozoic pre-orogenic rifting in the Western Carpathians. - *Mitt. Österr. geol. Ges.* **93**, 79-98.
- Rojkovič I. (1997): Uranium mineralization in Slovakia. - 1-117, Acta Geol. Univers. Comen., Monogr., Bratislava.
- Szakáll S., Földvári M. 1995: Magyarország új ásványai III. Ferroaxinit és krizokolla Lillafüredről. - *Földtani Közlöny* **125**, 433-442.
- Tóth M. (1882): Magyarország Ásványai. - 1-565, Hunyady Mátyás, Budapest.
- Uher P., Bačík P., Ozdín D. (2009): Turmalín (magnezi-*ofoitit* a dravit) v kremennej žile pri Limbachu (Malé Karpaty). - *Mineralia Slov.* **41**, 445-456.
- Uher P., Bačík P., Ozdín D., Hornáček M. (2010): Datolit z permských metabazaltov na lokalite Lošonec (Malé Karpaty, jz. Slovensko). - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **18/2**, 91-95.
- Vozár J. (1976): Permiské vulkanity chočskej jednotky v pohorí Trábeč. - *Záp. Karpaty, Séria Min. Petr. Geoch.* **2**, 151-187.
- Vozár J. (1997): Rift-related volcanism in the Permian of the Western Carpathians. - In: Grecula P., Hovorka D., Putiš M. (eds.): Geological evolution of the Western Carpathians, 225-234. *Mineralia Slov. - Monograph*, Geocomplex, Bratislava.
- Vozárová A., Vozár J. (1981): Lithostratigraphical subdivision of Late Paleozoic sequences in the Hronic unit. - *Mineralia Slov.* **13**, 5, 385-403.
- Vozárová A., Vozár J. (1988): Late Paleozoic in West Carpathians. - 1-314, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Vrána S. (1966a): Žily s axinitom a pumpellyitom z Malých Karpat. - *Čas. Mineral. Geol.* **11**, 415-421.
- Vrána S. (1966b): Pumpellyit z melafyrových hornin na Slovensku. - *Čas. Mineral. Geol.* **11**, 255-259.
- Vrána S., Vozár J. (1969): Minerálna asociácia pumpellyit-prehnit-kremennej fácie z Nízkyh Tatier. - *Geol. Práce, Spr.* **49**, 91-99.
- Zepharovich V. (1873): Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich. - 1-436, Wilhelm Braumüller, Wien.