

<https://doi.org/10.46861/bmp.28.094>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Grosulár a diopsid v kryštalických vápencoch z lokality Čučma - Čierna baňa (Slovenská republika)

Grossular and diopside in crystalline limestone from the locality Čučma - Čierna baňa (Slovak Republic)

PETER RUŽIČKA^{1)*}, PETER BAČÍK¹⁾, PAVOL MYŠLAN¹⁾ A SERGII KURYLO²⁾

¹⁾Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; *e-mail: peter.ruzicka@uniba.sk

²⁾Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica, Slovenská republika

RUŽIČKA P, BAČÍK P, MYŠLAN P, KURYLO S (2020) Grosulár a diopsid v kryštalických vápencoch z lokality Čučma - Čierna baňa (Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 28(1): 94-104 ISSN 2570-7337

Abstract

The identified mineral association in the crystalline limestones from the manganese locality Čučma - Čierna baňa consists of garnets and pyroxenes. Mineralogical composition of the samples Ču-1 and Ču-2 is represented by zonal garnets with Grs_{76.12-82.31}; Adr_{17.69-23.88} composition in the core and Grs_{95.48-97.05}; Adr_{2.95-4.52} composition in the rim. In the sample Ču-3 inverse zonation (the core Adr_{3.99}; Grs_{96.01}; the rim Adr_{20.55}; Grs_{79.45}) of garnet is observable. The analyzed pyroxenes have a diopside composition with a variable Mg/(Mg+Fe²⁺) ratio. A slightly increased content of Mn (up to 0.09 apfu) ascends into the johannsenite molecule.

Key words: Grossular, diopside, crystalline limestone, Čučma - Čierna baňa, Slovak Republic

Obdrženo 29. 3. 2020; přijato 11. 5. 2020

Úvod

Článok prináša nové informácie dopĺňajúce a zároveň prehľadnucujúce poznatky o rôznorodosti minerálneho zloženia kryštalických vápencov, ktoré pochádzajú z historicky známeho mangánového výskytu Čučma - Čierna baňa. V kryštalických vápencoch sme prvýkrát identifikovali granát prevažne grosulárového zloženia a diopsid. Okrem granátov a pyroxénov sa analyticky nepotvrdila prítomnosť ďalších silikátových fáz v skúmaných vzorkách. V článku stručne opisujeme poznatky súvisiace s geologickým a genetickým vývojom skúmanej oblasti v kontexte mangánovej mineralizácie, ktorej súčasťou sú kryštalické vápence.

Lokalizácia

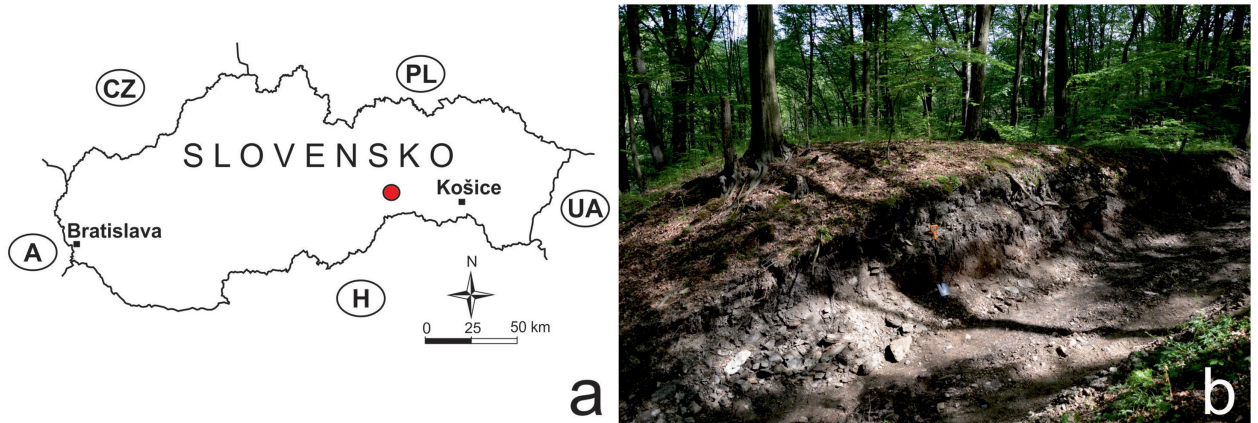
Podľa geomorfologického členenia Slovenskej republiky (Mazúr, Lukniš 1980) lokalita Čučma - Čierna baňa patrí do oblasti Slovenského rudohoria a celku Volovské vrchy. Poloha lokality zodpovedá 48°42.703' severnej šírky a 20°33.437' východnej dĺžky s nadmorskou výškou 614 m. Odobraté vzorky kryštalických vápencov pochádzajú z haldového materiálu, ktorý zostal po ťažbe mangánových rúd. Mangánový výskyt známy pod názvom Čierna baňa v banských poliach Ján, Laurent a Malvína (Maderspach 1880; Tóth 1882; Schafarzík 1904; Eisele 1907; Papp 1915) je vzdialený cca 2 km ssv. od obce Čučma na západnom svahu Strednej hory (Grecula et al. 1995).

Geologická a mineralogicko-petrologická charakteristika

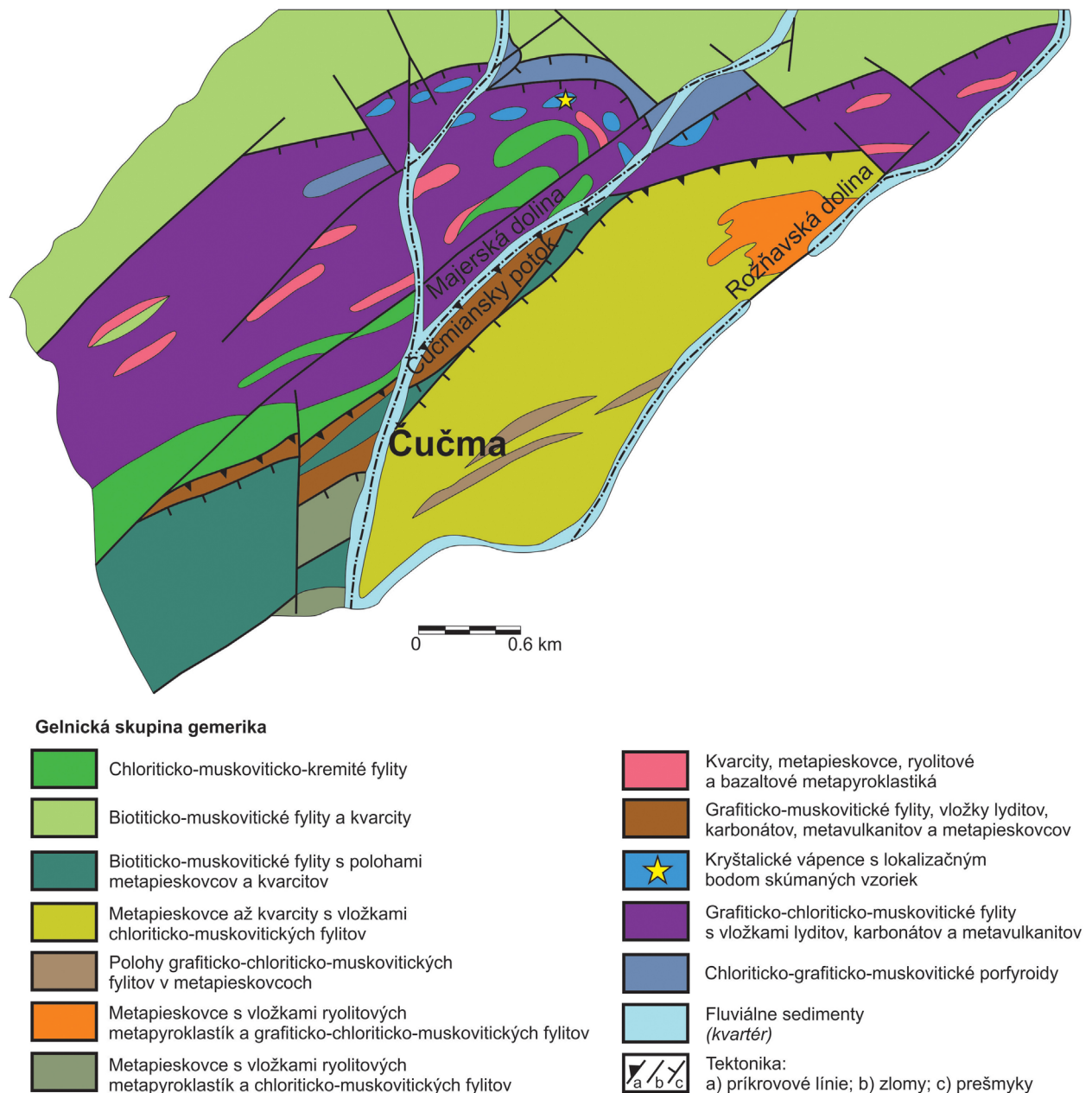
Šošovky kryštalických vápencov v skúmanej oblasti sú súčasťou rytmicky sa striedajúcej staropaleozoickej flyšovej megasekvencie gelnickej skupiny južného gemerika spolu s lokálne vyvinutými polohami lydítov, bazaltových metavulkanoklastík a okolitých prevažne sľudnato-grafitických fylitov (obr. 2). V zmysle litostratigrafického členenia podľa Bajaníka et al. (1983, 1984) skúmaná lokalita patrí do vlachovského súvrstvia gelnickej skupiny a podľa členenia Grecula (1982), respektíve Grecula et al. (1995, 2009, 2011) do holeckých vrstiev betliarskeho súvrstvia voloveckej superskupiny, ktorá v sebe spája pôvodne vyčlenené skupiny južného (gelnická skupina) a severného gemerika (rakovecká a klátovská skupina).

Stratigrafický rozsah gelnickej skupiny vrchné kambrum - spodný devón bol stanovený biostratigrafickými metódami (Snopková, Snopko 1979; Ivanička et al. 1989; Vozárová et al. 1998, 1999; Soták et al. 1999, 2000) a geochronologickými metódami (Putiš et al. 2008; Vozárová et al. 2010, 2016). Priemerné veku zirkónov z acidných metavulkanitov vlachovského súvrstvia dosahujú hodnotu 494 ± 1.6 Ma (Vozárová et al. 2010). Staropaleozoický vývoj gemerika je považovaný za riftogénny (Grecula 1982; Grecula et al. 1995, 2011; Grecula, Radvanec 2005; Radvanec, Grecula 2016).

Horniny gelnickej skupiny sa sformovali účinkami regionálnej variskej a alpínskej metamorfózy v podmienkach fácie zelených bridlíc (Faryad 1991, 1995, 1997; Sassi,



Obr. 1 Lokalizácia skúmaného územia: a) v mape Slovenskej republiky; b) pohľad na zárez haldy v blízkosti turistického chodníka smerujúceho z Čučmy na Skalisko - Volovec. Foto P. Ružička, 2016.



Obr. 2 Zjednodušená geologická mapa skúmaného územia modifikovaná podľa Greclu et al. (2009).

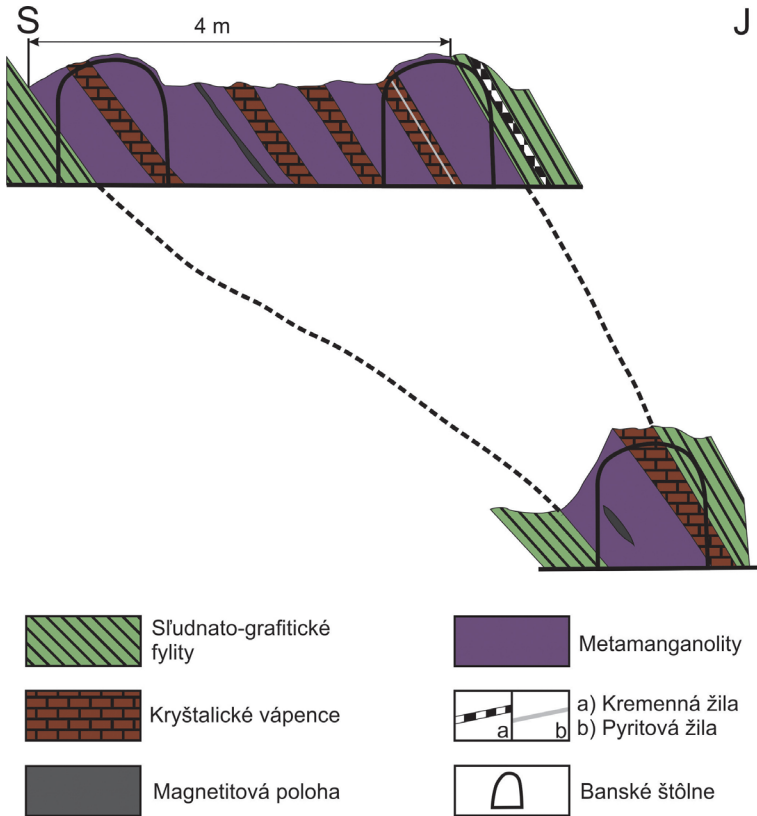
Vozárová 1987, 1992; Mazzoli, Vozárová 1989; Vozárová 1993, 1998). Na lokalite Čučma - Čierna baňa bol aplikovaný rodonitovo-pyroxmangitový geotermometer podľa Schultz-Güttler a Peters (1987) pre stanovenie podmienok metamorfózy mangánových sedimentov. Metamorfóza

za prebiehala pri teplotách 375 - 420 °C, tlaku 350 MPa a X_{CO_2} 0.05 - 0.06 (Faryad 1991, 1994; Rojkovič 1999, 2001). Spolu s kryštalickými vápencami sa občas vyskytujú polohy, pruhy, respektíve rozptýlený explozívny materiál bazaltových metavulkanoklastík, ktoré sú produk-

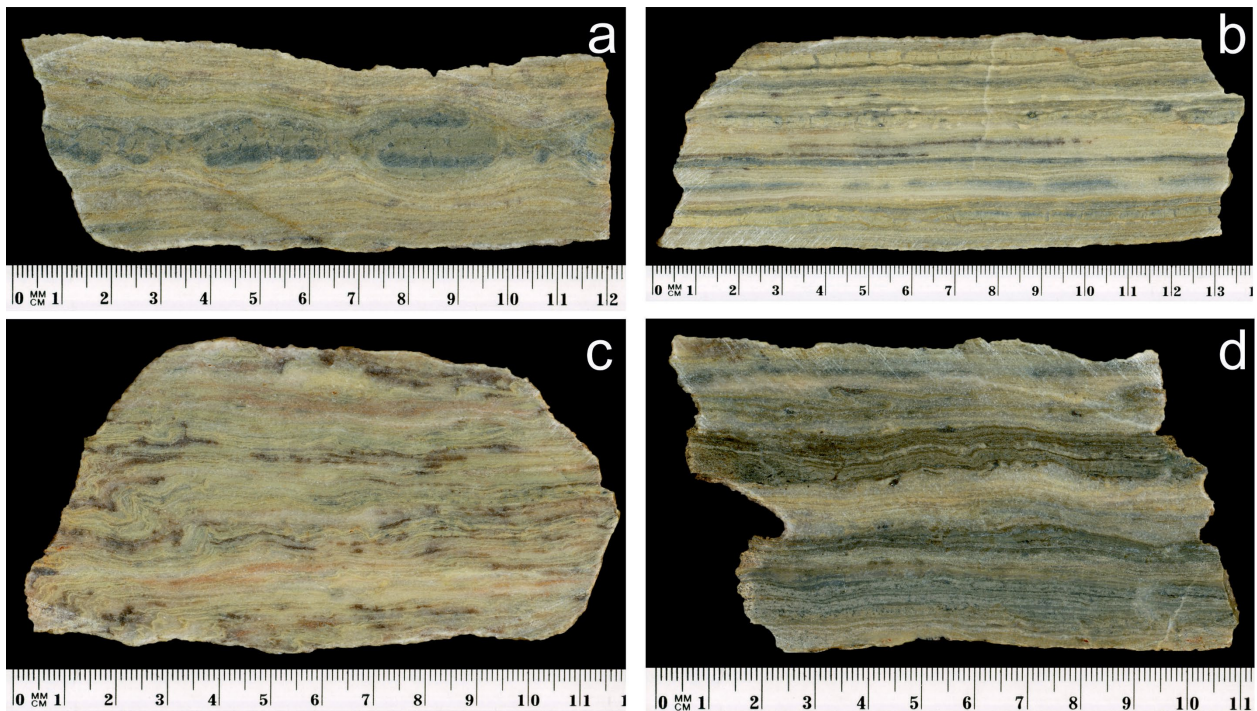
tom regionálnej metamorfózy pôvodných lokálnych prejavov podmorského synelementárneho bazického vulkanizmu, ktorý bol považovaný za potenciálny zdroj mangánu (Kantor 1953, 1954; Fusán, Máška 1956; Ivanov 1960, 1965).

Metamanganolity sprevádzajú šošovky kryštalických vápencov, z častí ktorých sme robili detailný výskum minerálneho zloženia. Šošovky kryštalických vápencov sú uložené konformne s vrstevnatosťou okolitých fylitov, pričom ich súčasná forma je výsledkom budínovania v priebehu variskej metamorfózy a deformácie počas vývoja alpínskej vrásovo-prešmykovej stavby (Ilavský, Polák In: Slávik et al. 1967; Grecula et al. 1995; Rojkovič 1999, 2000, 2001; Lexa et al. 2007).

Na lokalite Čučma - Čierna baňa má genéza stratiformnej mangánovej mineralizácie polyštadiálny vývoj, čo dokazujú štúdie mnohých autorov (Maderspach 1880; Schafarzík 1904; Kantor 1953, 1954; Ilavský, Polák In: Slávik et al. 1967; Drnzík et al. 1973; Pecho et al. 1981; Grecula et al. 1995, 2011; Rojkovič 1999, 2000, 2001; Lexa et al. 2007). Primárny vulkanogénno-sedimentárny charakter mangánovej mineralizácie a sprievodných vápencov prepísalo pôsobenie variskej a alpínskej metamorfózy spolu s tektonickou aktivitou a neskoršími účinkami hydrotermálnych a hypergénnych proce-



Obr. 3 Geologický profil medzi hornou a dolnou mangánovou štôľňou (Schafarzík 1904).



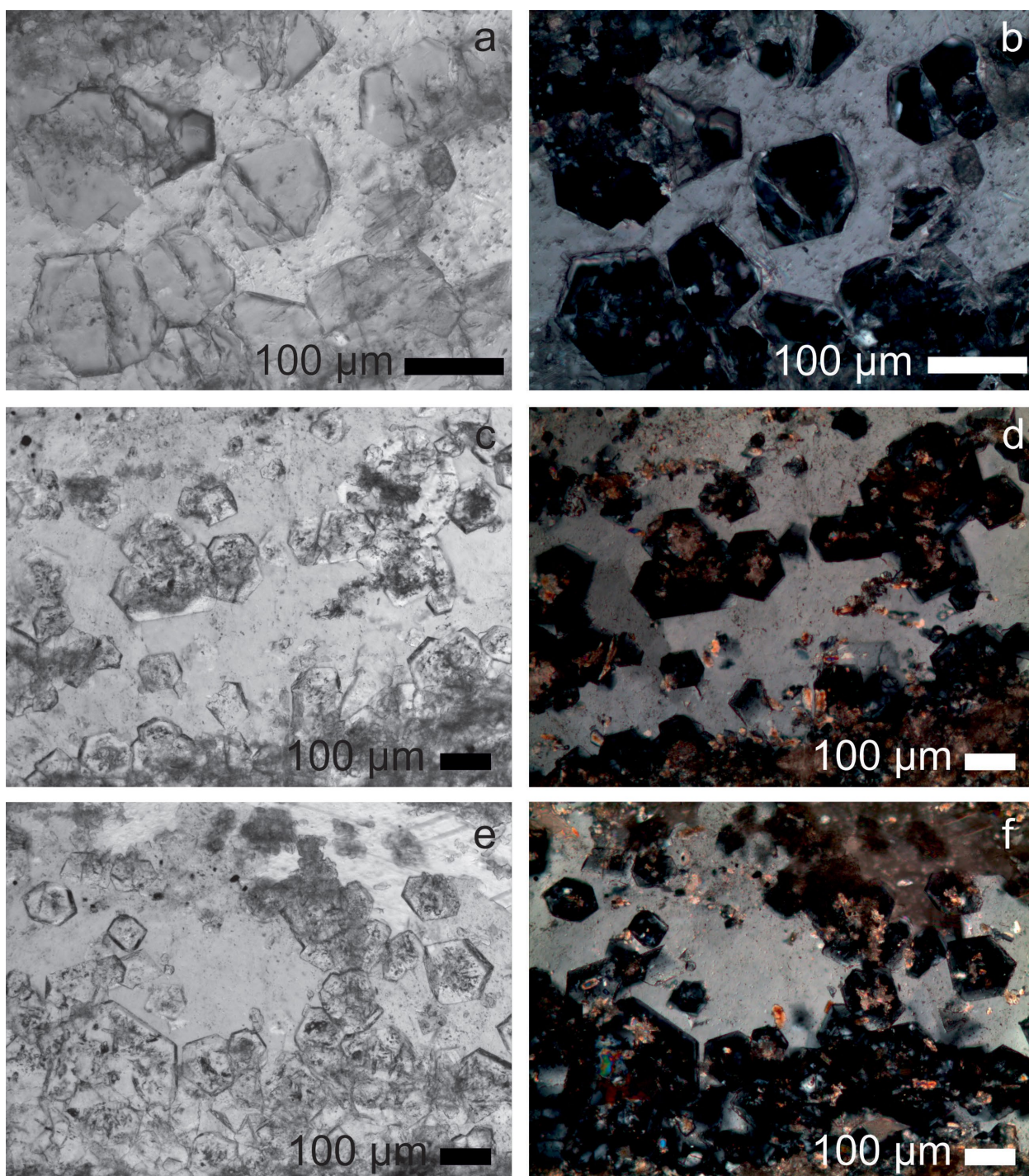
Obr. 4 Prierezy skúmaných vzoriek kryštalických vápencov: a) prejavy budínovania; b-d) horizontálne laminovaná textúra s miernymi znakmi zvrásnenia. Foto P. Ružička.

sov. Rojkovič (1999, 2000, 2001) vyčlenil metamorfnú, hydrotermálnu a hypergénnu asociáciu mangánovej mineralizácie. Jednotlivé minerály tvoriace danú mineralnú asociáciu potvrdili viacerí autori a niektorí z nich identifikovali aj ďalšie fázy (Faryad 1994; Faryad, Zábranský 1996; Peterec, Ďuďa 2003, 2009; Števko et al. 2015).

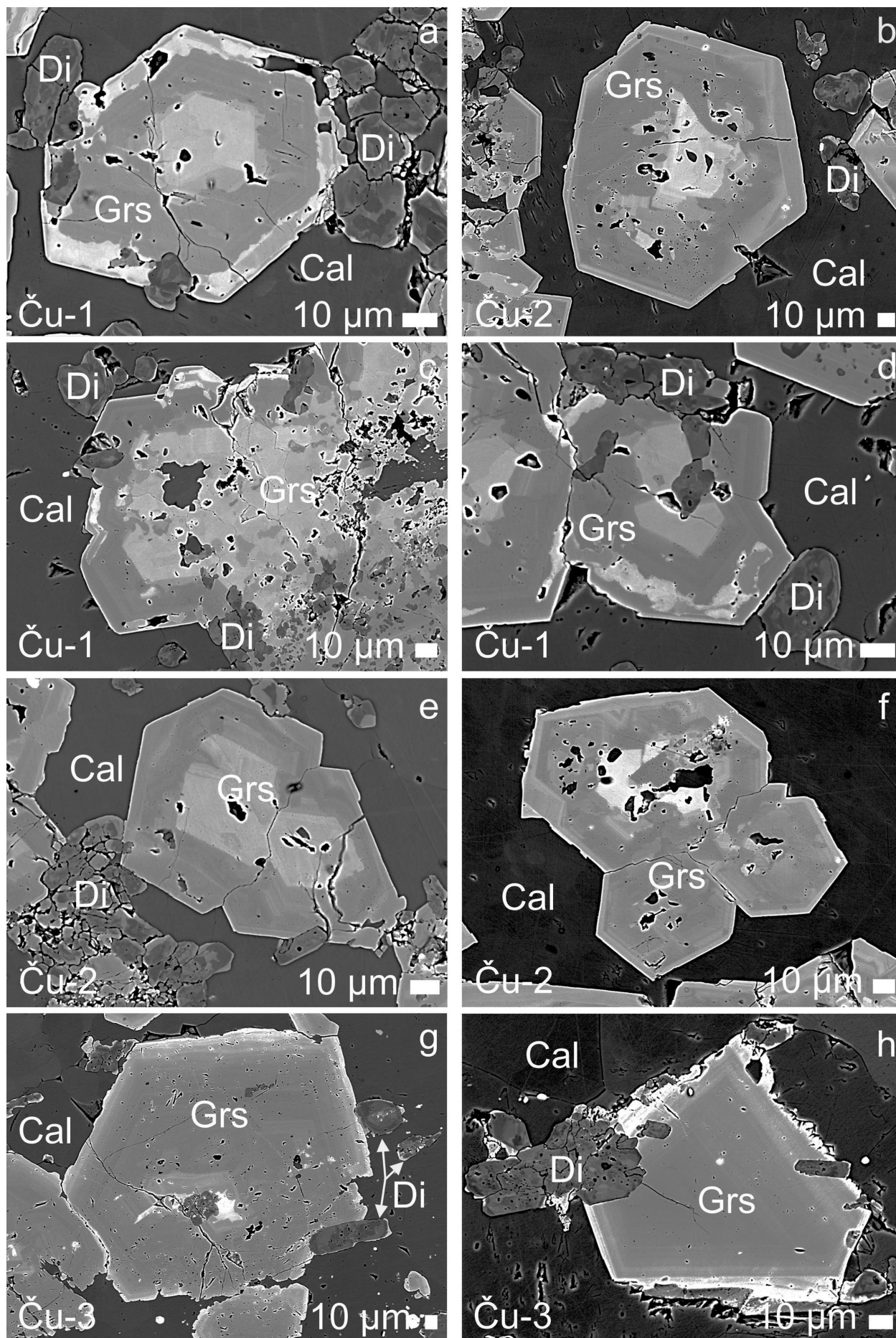
Podľa Lázára (1959) sa ťažba v oxidačnom pásme mangánovej mineralizácie začala od roku 1699. Názov Čierna baňa bol odvodený od ťažby čiernych minerálov mangánu. Banskými prácami boli odkryté dve šošovky s mangánovou mineralizáciou. Jedna v banských poliach Ján a Laurent (banské miery udelené v roku 1878) a druhá

v banskom poli Malvína (banská miera udelená v roku 1869). Údaje o minerálnom zložení, povrchové banské práce, pingy a štôlne opisujú Maderspach (1880), Tóth (1882), Schafarzík (1904), Eisele (1907) a Papp (1915).

Výskyt bol od polovice 19. storočia ťažený povrchovým výlomom a dvoma krátkymi štôľňami. Geologickú pozíciu a genetické vzťahy metamanganolitov s kryštalickými vápencami znázornil Schafarzík (1904) v profile medzi hornou a dolnou štôľňou (obr. 3). Mangánová mineralizácia bola ťažená len do hĺbky niekoľko desiatok metrov (Ilavský, Polák In: Slávik et al. 1967; Pecho et al. 1981). V roku 1907 boli bane mimo prevádzky (Bergfest



Obr. 5 Mikroskopické detaily polyedrických prierezov granátov v kryštalických vápencoch. Fotografie z polarizačného mikroskopu P. Ružička.



Obr. 6 Koexistenčné vzťahy zonálneho grosuláru (Grs) a diopsidu (Di) v kryštalickom vápenci kalcitového (Cal) zloženia. BSE foto S. Kurylo.

1953). Hlavným predmetom ťažby v minulosti boli mangánové minerály supergénnej zóny (Maderspach 1880; Eisele 1907; Grecula et al. 1995, 2011; Ilavský, Polák In: Slávik et al. 1967; Rozložník 1973; Rojkovič 1999, 2000, 2001; Peterec, Ďuďa 2003, 2009; Lexa et al. 2007). Na jednotlivých haldách je dostupný materiál, ktorý umožňuje mineralogický výskum. Bane, ktoré sa v minulosti ťažili, sú väčšinou neprístupné.

Metodika

Terénny odber bol zameraný na získanie reprezentatívnych vzoriek v rámci skúmanej lokality s cieľom ich mikroskopického štúdia a následne mikrosondovej analýzy. Minerálne zloženie a mikroštruktúra kryštalických vápencov bola študovaná vo výbrusoch pomocou polarizačného mikroskopu Leica DM2500P na Katedre mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Účelom mikroskopického pozorovania v prechádzajúcom svetle bolo zistenie štruktúrnych vzťahov a vyznačenie fáz pre identifikáciu pomocou elektrónového mikroanalýzátora.

Leštené výbrusy, vákuovo naparené tenkou uhlíkovou vrstvou, boli analyzované na elektrónovom mikroanalýzátore JEOL JXA 8530FE na Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied v Banskej Bystrici. Vzorky boli analyzované pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 20 nA pre granáty a pyroxény a prúde 16 nA pre kalcit. Priemer elektrónového lúča sa prispôboval počas merania pre silikáty na 3 - 5 μm a pre kalcit 8 μm . Použila sa ZAF

korekcia. Koexistenčné vzťahy granátov a pyroxénov sa pozorovali v späťne rozptýlených elektrónoch (BSE - back scattered electron).

V granátoch sa analyzovali nasledovné prvky (kryštál, rtg. línie) za týchto štandardov: Si (TAP, K α) - kremeň, Ti (LIF, K α) - rutil, Al (TAP, K α) - albit, Fe (LIF, K α) - hematit, Mn (LIF, K α) - rodonit, Mg (TAP, K α) - diopsid, Ca (PETL, K α) - diopsid. Elektrónové mikroanalýzy granátov boli prepočítané v zmysle klasifikácie Grew et al. (2013) na 3 katióny Ca, pretože všetky ostatné spôsoby prepočtu poskytlí nestechiometrické vzorce. Kryštalografické pozície boli zapíňané v poradí X \rightarrow Y \rightarrow Z, aby sa dala odhaliť prípadná vakancia v pozícii Z. Pomer Fe²⁺/Fe³⁺ bol vypočítaný z nábojovej bilancie.

V pyroxénoch sa analyzovali nasledovné prvky (kryštál, rtg. línie) za týchto štandardov: Si (TAP, K α) - ortoklas, Ti (LIF, K α) - rutil, Al (TAP, K α) - albit, Fe (LIF, K α) - biotit, Mn (LIF, K α) - rodonit, Mg (TAP, K α) - diopsid, Ca (PETL, K α) - diopsid, Na (TAP, K α) - albit. Elektrónové mikroanalýzy pyroxénov boli prepočítané v zmysle klasifikácie Morimoto et al. (1988) na 4 katióny a pomer Fe²⁺/Fe³⁺ bol vypočítaný z nábojovej bilancie. V kalcitoch sa analyzovali nasledovné prvky (kryštál, rtg. línie) za týchto štandardov: Fe (LIF, K α) - hematit, Mn (LIF, K α) - rodonit, Mg (TAP, K α) - diopsid, Ca (PETL, K α) - diopsid.

V texte používané slovenské názvy minerálov sú upravené podľa Ozdína a Uhera (2002) a skratky minerálov sú uvádzané podľa Siivola, Schmid In: Fettes, Desmons et al. (2007).

Tabuľka 1 Reprezentatívne mikrosondové analýzy granátov (hm. %) v kryštalických vápencoch prepočítané na 3 katióny Ca (apfu) a zastúpenie ich koncových členov (mol. %).

Analýza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vzorka	Ču-1	Ču-1	Ču-1	Ču-1	Ču-1	Ču-2	Ču-2	Ču-2	Ču-2	Ču-3	Ču-3
Zóna	svetlý stred	tmavý okraj	svetlý stred	tmavá medzizóna	svetlý okraj	svetlý stred	tmavý okraj	svetlý stred	tmavý okraj	tmavý stred	svetlý okraj
SiO ₂	37.30	39.21	36.99	38.29	37.94	38.22	38.79	37.99	38.95	38.70	37.73
TiO ₂	1.17	0	1.08	0.32	0.44	0.04	0.03	0.52	0.01	0.01	0.19
Al ₂ O ₃	16.31	21.57	16.28	21.52	13.83	17.49	21.77	17.91	21.95	22.12	17.54
Fe ₂ O ₃	8.29	1.52	8.24	1.61	11.79	7.49	1.59	6.22	1.05	1.43	7.14
MnO	0.13	0.11	0.10	0.03	0.10	0.20	0.08	0.09	0.18	0	0.05
MgO	0.03	0.01	0	0	0	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0
CaO	36.59	37.33	36.79	37.60	36.31	37.02	37.38	37.04	37.70	37.72	36.61
Suma	99.82	99.76	99.47	99.36	100.43	100.48	99.65	99.81	99.87	99.99	99.27
Si ⁴⁺	2.854	2.941	2.815	2.851	2.926	2.891	2.906	2.871	2.893	2.873	2.886
Al ³⁺	0.027	0.001	0	0	0	0.003	0.020	0	0	0.018	0.006
Suma	2.882	2.941	2.815	2.851	2.926	2.894	2.926	2.871	2.893	2.891	2.892
Ti ⁴⁺	0.068	0	0.062	0.018	0.026	0.003	0.002	0.030	0	0	0.011
Al ³⁺	1.443	1.906	1.460	1.889	1.257	1.557	1.901	1.595	1.921	1.918	1.575
Fe ³⁺	0.478	0.086	0.472	0.090	0.684	0.426	0.090	0.354	0.059	0.080	0.411
Mn ²⁺	0.009	0.007	0.007	0.002	0.007	0.013	0.005	0.006	0.012	0	0.003
Mg ²⁺	0.003	0.001	0	0	0	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0
Suma	2.000	2.000	2.000	1.999	1.974	2.000	2.000	1.989	1.994	2.000	2.000
Ca ²⁺	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Suma	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Pyrop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spessartin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Almandín	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andradit	23.88	4.29	23.59	4.52	34.22	21.32	4.49	17.69	2.95	3.99	20.55
Grosulár	76.12	95.71	76.41	95.48	65.78	78.68	95.51	82.31	97.05	96.01	79.45

Výsledky

Kryštalické vápence sú sivožlté až hnedozelené horniny s prevažne jemnokryštalickou až masívnou alebo horizontálne laminovanou textúrou (obr. 4) a granoblastickou štruktúrou. Kryštalické vápence majú kalcitové zloženie (tab. 3). Prítomnosť dolomitu sa nepotvrdila.

Granáty v kryštalických vápencoch tvoria nepravidelné hniezda a polohy prebiehajúce paralelne s pôvodnou vrstevnatosťou. Idiomorfné zrná granátov, ktoré si zachovávajú pravidelné polyedrické ohraničenie sa zoskupujú do agregátov (obr. 5). Granáty a diopsid prejavujú zonálnosť a často vzájomne koexistujú (obr. 6).

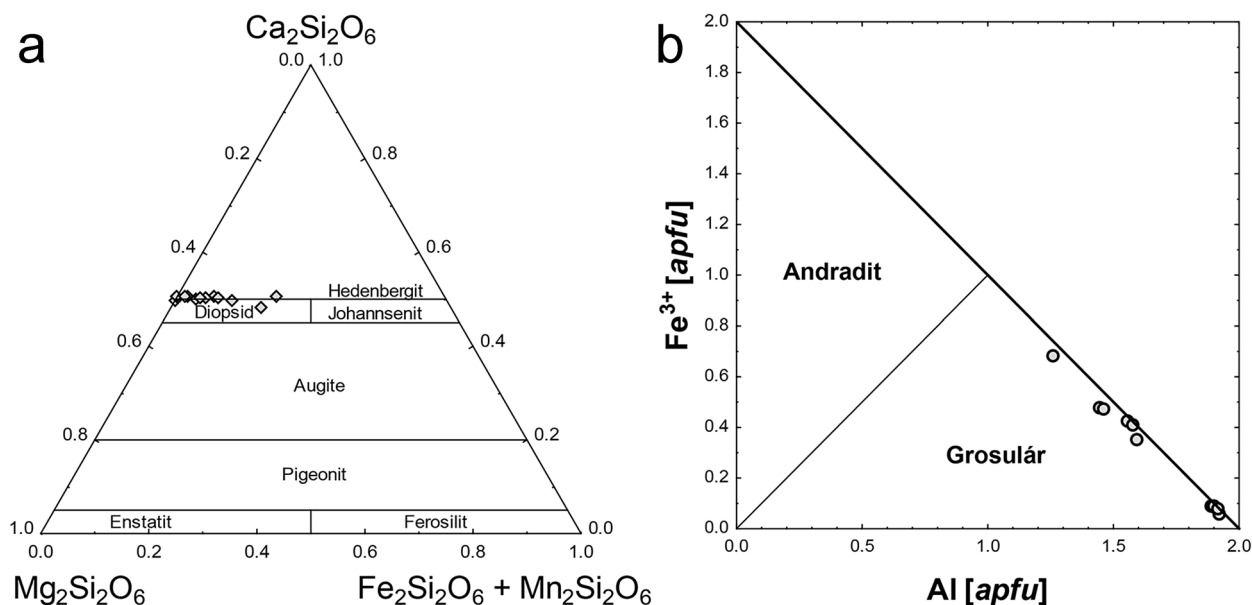
Štúdané granáty majú zloženie grosuláru s variabilným podielom andraditovej molekuly (tab. 1, obr. 7b). Všetky ostatné komponenty sú zanedbateľné pri veľmi nízkych obsahoch Mg (do 0.005 *apfu*) a Mn (do 0.013 *apfu*). Granáty vo vzorkách Ču-1 a Ču-2 majú stred s vyšším podielom andraditovej molekuly (17.69 - 23.88 mol.

%) a okraj s jej nízkym obsahom (2.95 - 4.52 mol. %), len jeden kryštál má na okraji ešte jednu zónu výrazne obohatenú o andraditový komponent (34.22 mol. %). Vzorka Ču-3 má inverznú zonálnosť s výrazne grosulárovým stredom (96.01 mol. %), ale naopak okraj je obohatený o andraditový komponent (20.55 mol. %). Všetky analýzy pri prepočte na 3 Ca katióny majú mierne znížený obsah katiónov v pozícii Z, čo môže signalizovať prítomnosť vakancie a OH skupín a teda hydrogranátového komponentu. Vzhľadom na sumy analýz granátov predpokladáme, že pravdepodobná prítomnosť OH skupín by sa v Ramanovom spektre nemusela výraznejšie prejavovať. Z tohto dôvodu Ramanove spektrá neuvádzame, ale v budúcnosti nevyklúčujeme možnosť zamerať sa na objasnenie prítomnosti hydrogranátového komponentu.

Analyzované pyroxény majú zloženie diopsidu s variabilným pomerom Mg/(Mg+Fe²⁺) (tab. 2, obr. 7a). Zvýšený obsah Fe³⁺ vypočítaného z nábojovej bilancie je mož-

Tabuľka 2 Reprezentatívne mikrosondové analýzy diopsidu v kryštalických vápencoch (hm. %). Prepočet na 4 katióny (*apfu*) a zastúpenie ich koncových členov (mol. %).

Analýza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vzorka	Ču-1	Ču-1	Ču-1	Ču-1	Ču-2	Ču-2	Ču-2	Ču-2	Ču-2	Ču-2	Ču-3	Ču-3
Zóna	svetlá	tmavá	svetlá	tmavá	svetlá	tmavá	svetlá	tmavá	svetlá	tmavá	svetlá	tmavá
SiO ₂	53.83	54.92	53.60	54.30	54.23	55.03	52.97	54.97	52.68	53.59	53.67	54.64
TiO ₂	0	0	0.01	0	0	0.03	0.01	0	0	0.03	0	0
Al ₂ O ₃	0.32	0.10	0.53	0.02	0.34	0.07	0.28	0.29	0.14	0.54	1.17	0.59
Fe ₂ O ₃	1.52	0.58	2.23	0.83	0.62	0.84	0.25	0.23	0.84	0	0.71	1.03
FeO	4.15	0	3.36	0	4.53	0.99	6.85	1.91	10.53	3.01	2.41	0.80
MnO	0.35	0.19	0.20	0.28	0.22	0.30	2.93	0.42	0.80	3.19	0.32	0.17
MgO	15.12	19.00	15.53	18.49	15.02	17.46	11.67	16.83	10.72	13.12	15.81	17.22
CaO	25.48	26.14	25.13	26.27	25.53	25.96	24.58	25.94	25.11	25.44	25.53	25.93
Na ₂ O	0.06	0.02	0.14	0.01	0.13	0.04	0.27	0.03	0.08	0.18	0.12	0.10
Suma	100.67	100.90	100.51	100.11	100.56	100.63	99.79	100.59	100.81	99.10	99.66	100.36
Si ⁴⁺	1.974	1.961	1.963	1.958	1.989	1.988	2.000	1.992	1.988	2.010	1.969	1.977
Al ³⁺	0.014	0.004	0.023	0.001	0.011	0.003	0	0.008	0.006	0	0.031	0.023
Suma	1.988	1.966	1.985	1.959	2.000	1.990	2.000	2.000	1.994	2.010	2.000	2.000
Ti ⁴⁺	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0
Al ³⁺	0	0	0	0	0.003	0	0.012	0.004	0	0.024	0.020	0.002
Fe ³⁺	0.042	0.016	0.062	0.023	0.017	0.023	0.007	0.006	0.024	0	0.020	0.028
Mg ²⁺	0.827	0.984	0.848	0.977	0.821	0.940	0.657	0.909	0.603	0.734	0.865	0.929
Fe ²⁺	0.127	0	0.090	0	0.139	0.030	0.216	0.058	0.332	0.095	0.074	0.024
Mn ²⁺	0.004	0	0	0	0.007	0.007	0.094	0.013	0.025	0.101	0.010	0.005
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	0.988	1.000	0.986	0.991	0.985	0.954	0.988	0.988
Fe ²⁺	0	0	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn ²⁺	0.007	0.006	0.006	0.008	0	0.003	0	0	0	0	0	0
Mg ²⁺	0	0.027	0	0.017	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca ²⁺	1.001	1.000	0.986	1.015	1.003	1.005	0.994	1.007	1.015	1.022	1.004	1.005
Na ⁺	0.004	0.001	0.010	0.001	0.009	0.002	0.019	0.002	0.006	0.013	0.009	0.007
Suma	1.012	1.034	1.015	1.041	1.012	1.010	1.014	1.009	1.021	1.035	1.012	1.012
Wo	50.07	49.44	49.23	50.47	49.69	50.30	47.22	49.83	50.12	49.11	49.16	49.55
En	42.11	50.23	43.32	49.44	41.44	47.47	34.45	45.95	30.73	39.08	44.13	47.10
Fs	6.48	0	5.25	0	7.01	1.51	11.35	2.92	16.93	5.03	3.77	1.22
Jh	0.21	0	0	0	0.35	0.34	4.92	0.65	1.29	5.39	0.50	0.27
Ae	0.31	0.09	0.75	0.06	0.51	0.22	0.73	0.08	0.47	0	0.24	0.36
Jd	0.10	0.02	0.28	0	0.43	0.03	1.30	0.16	0.13	1.39	0.63	0.32
Ca-Ts	0.71	0.21	1.13	0.03	0.57	0.06	0	0.41	0.32	0	1.57	1.17
Ti-Ts	0	0	0.02	0	0	0.04	0.02	0	0	0.05	0	0
Mg-Ts	0	0	0.02	0	0	0.04	0.02	0	0	0.05	0	0



Obr. 7 Zobrazenie analyzovaných silikátov v klasifikačných diagramoch: a) pyroxény (Morimoto et al. 1988); b) granáty (Grew et al. 2013).

né vysvetliť prítomnosťou egirínovej molekuly (do 0.73 mol. %) prostredníctvom substitúcie $\text{NaFe}^{3+}(\text{CaMg})_{-1}$, ale pri nízkych obsahoch Na a Al môže byť časť Fe^{3+} zapojená do niektorej z tschermakitových substitúcií, t. j. do Ca-tschermakitovej ($\text{CaFe}^{3+}\text{SiAlO}_6$) alebo Mg-tschermakitovej ($\text{MgFe}^{3+}\text{SiAlO}_6$) ako ${}^{\text{VI}}\text{Fe}^{3+}\text{IVAl}(\text{VI}^{\text{Mg}}\text{IVSi})_{-1}$, možná je aj Ti-tschermakitová ($\text{CaTi}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}\text{SiFe}^{3+}\text{O}_6$) substitúcia vo forme ${}^{\text{VI}}\text{Ti}^{\text{IV}}\text{Fe}^{3+}(\text{VI}^{\text{Mg}}\text{IVSi})_{-1}$. Mierne zvýšený je aj obsah Mn (do 0.09 apfu), ktorý vystupuje v rámci johannsenitovej molekuly.

Diskusia

Kryštalické vápence na lokalite Čučma - Čierna baňa sú súčasťou metamanganolitov, ktorých mineralizácie boli v minulosti skúmané hlavne z genetických aspektov (napr. Kantor 1953, 1954; Ilavský 1957, 1962, 1974; Varček 1963; Ilavský, Polák In: Slávik et al. 1967; Faryad 1994; Grecula et al. 1995, 2011; Rojkovič 1999, 2000, 2001; Peterec, Ďuďa 2003, 2009). Z geologického hľadiska kryštalické vápence tvoria súčasť litostratigraficky ekvivalentných metakarbonátových pruhov gelnickej skupiny južného gemerika s úzkou a prerušovanou kontinuitou povrchových výskytov (Fusán et al. 1955; Fusán, Máška 1956; Fusán 1957; Gregor et al. 1964; Snopko 1967; Ilavský 1974; Bajaník et al. 1983, 1984; Vážna et al. 1986).

Z mangánového výskytu Čučma - Čierna baňa sa uvádza len granát s dominantným podielom spessartínového zloženia, ktorý je súčasťou minerálnej asociácie metamanganolitov (Kantor 1953, 1954; Faryad 1994; Grecula et al. 1995, 2011; Rojkovič 1999, 2000, 2001; Peterec, Ďuďa 2003, 2009). Spessartínový granát spomínajú Kantor (1953, 1954) a Ivanov (1960, 1965) aj v kryštalických vápencoch a bazaltových metavulkanoklastikách.

Prítomnosť granátov považovali za produkt látkovej migrácie roztokov pri metamorfných procesoch, ktoré sa odohrali na styku produktov bážického vulkanizmu s karbonátmi. Naše zistenia ale rozporujú informácie uvedené v starších prácach Kantora (1953, 1954) a Ivanova (1960, 1965) o charaktere granátov v kryštalických vápencoch z Čučmy. Odobraté vzorky kryštalických vápencov priamo z haldového materiálu po ťažbe mangánových rúd,

Tabuľka 3 Reprezentatívne mikrosondové analýzy kalcitu (hm. %) prepočítané na 1 atóm kyslíka. Symbol * vyjadruje dopyčítanie CO_2 .

Analýza	1	2	3	4	5	6
FeO	0.07	0.05	0.03	0.01	0.03	0.02
MnO	0.10	0.27	0.11	0.08	0.06	0.11
MgO	0.01	0	0	0	0	0.02
CaO	55.63	56.06	56.12	56.21	56.37	56.43
CO_2^*	43.81	44.20	44.12	44.21	44.32	44.40
Suma	99.62	100.58	100.38	100.51	100.78	100.98
Fe^{2+}	0.001	0.001	0	0	0	0
Mn^{2+}	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.002
Mg^{2+}	0	0	0	0	0	0
Ca^{2+}	0.997	0.995	0.998	0.999	0.999	0.998
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ktoré sme študovali, jasne preukázali prítomnosť zonálnych granátov prevažne grosulárového zloženia. Grosulárová a andraditová zložka sa variabilne strieda vo vzorkách Ču-1 a Ču-2 medzi stredom ($\text{Grs}_{76.12-82.31}$; $\text{Adr}_{17.69-23.88}$) a okrajom ($\text{Grs}_{95.48-97.05}$; $\text{Adr}_{2.95-4.52}$). V prípade vzorky Ču-3 je prítomná inverzná zonálnosť (stred $\text{Adr}_{3.99}$; $\text{Grs}_{96.01}$; okraj $\text{Adr}_{20.55}$; $\text{Grs}_{79.45}$). Grosulárovo-andraditové granáty spolu s diopsidom sa tvoria počas regionálnej a kontaktnej metamorfózy karbonátov. Príkladom sú granáty obsahujúce Grs_{70-84} a Adr_{14-29} (Vassileva et al. 2018) resp. $\text{Grs}_{58.24-91.41}$ a $\text{Adr}_{6.50-21.60}$ (Ahmed, Hariri 2006), ktoré sú čiastočne porovnateľné s našimi analyzovanými granátmi.

V rámci staršieho paleozoika gemerika v horninách rakoveckej skupiny, vo vrte RHV-1 južne od Rudnianska, bola zistená poloha spessartínovo-piemontitových metakongrezií (Spišiak et al. 1989). Táto práca potvrdila predpoklad, že zvýšený obsah mangánu v pôvodných pelagických sedimentoch bol podmienený prítomnosťou produktov bážického vulkanizmu, prípadne exhaláčnou a hydrotermálnou činnosťou viazanou na vulkanizmus, čo je v zhode s doposiaľ známymi údajmi z Čučmy. Pelagické sedimenty boli metamorfované v podmienkach fácie zelených bridlíc. Identifikovaný granát mal zloženie

Sps₈₀₋₈₇Grs_{7-11.5}Alm_{3-8.3} a Mn-epidot viazaný na lem meta-konkrécií obsahoval 2 % piemontitovej zložky (Spišiak et al. 1989).

Štúdiu Radvanec et al. (2007) uvádzame v kontexte korelácie zonálnych granátov pochádzajúcich z metapelitu tvoriaceho súčasť horninovej sekvencie gelnickej skupiny južného gemerika. Radvanec et al. (2007) identifikovali zonálny granát z vrhu RS-1/520 m vo vzorke RS-15 (Bt-metapelit) z lokality Guľapalag, ktorá je situovaná v širšom okolí Čučmy. Granát mal v strede dominantnú spessartínovú zložku (Sps₅₇₋₆₆Alm₂₁₋₂₃Grs₁₁₋₁₉) a na okraji grosulárovú zložku (Grs₄₂₋₅₄Alm₂₁₋₃₃Sps₂₁₋₂₆). Pri porovnaní s našimi výsledkami opäť platí len čiastočná zhoda v tom, že sme identifikovali grosulárovú zložku v zonálnom granáte. Radvancom et al. (2007; 2009) bližšie nešpecifikovaný horninový typ označený ako Bt-metapelit má datovaný permský vek. V permskom období počas formovania gemerických granitov prebiehali procesy poskytujúce dostatok tepla pre vyššie teplotnú metamorfózu, transport fluíd, ktoré mali vplyv aj na dotvorenie genézy mangánovej mineralizácie čučmianskeho typu. Faryad (1991) vyslovil názor, že genéza metamanganolitov bola ovplyvnená termálnou reaktiváciou v dôsledku intrúzie granitov gemerika, pričom vylučuje prejavy kontaktnej metamorfózy granitov.

Záver

V rámci systematického mineralogického výskumu kryštálických vápencov sme na lokalite Čučma - Čierna baňa prvý krát identifikovali prítomnosť zonálneho granátu prevažne grosulárového zloženia a diopsid. V starších informačných zdrojoch sa zo skúmanej lokality uvádzal len spessartínový granát a diopsid nikto pred nami neidentifikoval. Príspevok poskytuje nové údaje, ktoré rozširujú mineralogické poznatky o tejto historicky známej mangánovej lokalite Slovenska. Prezentované výsledky potvrdili potrebu detailného mineralogického štúdia sprievodných hornín metamanganolitov, pretože štúdie v minulosti boli zamerané len priamo na identifikáciu minerálnych asociácií metamanganolitov a ich genézu. Dešifrovanie interakcií sprievodných hornín s metamanganolitmi bude súčasťou budúceho výskumu.

PodĎakovanie

Vyslovujeme poďakovanie recenzentom článku za podnetné pripomienky, ktoré prispeli k skvalitneniu rukopisu. Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-15-0050 a grantom VEGA 1/0151/19.

Literatúra

- AHMED Z, HARIRI M M (2006) Formation and mineral chemistry of a calcite skarn from Al-Madhiq, SW Saudi Arabia. *Chem Erde* 66:187-201
- BAJANIČ Š, VOZÁROVÁ A (ED.), HANZEL V, IVANIČKA J, MELLO J, PRISTAŠ J, REICHWALDER P, SNOPKO L, VOZÁR J (1983) Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria - východná časť 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-223
- BAJANIČ Š (ED.), IVANIČKA J, MELLO J, PRISTAŠ J, REICHWALDER P, SNOPKO L, VOZÁR J, VOZÁROVÁ A (1984) Geologická mapa Slovenského rudohoria - východná časť 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava
- BERGFEST A (1953) Čučma (Sb). Spišská Baňa (Sb). Baníctvo v okolí Čučmy. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 65 s
- DRNZÍK E (ED.), DRNZÍKOVÁ L, GRECULA P, GREGOR T, HALACHYOVÁ-ANDRUSOVÁ G, ILAVSKÝ J, ONDREJKOVIČ K, ZORKOVSKÝ B (1973) Geologicko-ložisková štúdia Spišsko-gemerského rudohoria. 3. Ložisková časť. Kniha VI. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 280 s
- EISELE G (1907) Gömör és Borsod vármegyéek bányászati és kohászati monografiája. Első rész. Gömör és Kishont törvényesen egyesült vármegyének bányászati monografiája. *Selmeczbánya*, 546 s
- FARYAD S W (1991) Metamorfóza sedimentov staršieho paleozoika gemerika. *Miner Slov* 23, 4: 315-324
- FARYAD S W (1994) Mineralogy of Mn-rich rocks from greenschist facies sequences of the Gemericum, West Carpathians, Slovakia. *N Jb Miner Mh H* 10: 464-480
- FARYAD S W (1995) Stanovenie P-T podmienok metamorfózy horninových komplexov Spišsko-gemerského rudohoria. *Miner Slov* 27, 1: 9-19
- FARYAD S W (1997) Metamorphic petrology of the Early Paleozoic low-grade rocks in the Gemericum. In: Grečula P, Hovorka D, Putiš M. (eds.): Geological evolution of the Western Carpathians. *Miner Slov monograph* 309-314
- FARYAD S W, ZÁBRANSKÝ F (1996) Novozistené horninotvorné minerály metamorfítov z východnej časti Slovenského rudohoria. *Acta Montan Slov* 1, 2: 131-138
- FUSÁN O (1957) Paleozoikum gemeríd. *Geol Práce Zoš* 46: 17-37
- FUSÁN O, MÁŠKA M (1956) K stratigrafii gotlandu (?) v gemerídach. *Geol Práce Zpr* 7: 65-74
- FUSÁN O, MÁŠKA M, ZOUBEK V (1955) Niektoré dnešné problémy stratigrafie Spišsko-gemerského paleozoika. *Geol Práce Zpr* 2: 3-15
- GRECULA P (1982) Gemerikum - segment riftogénneho bazénu Paleotetydy. *Miner Slov monograph*, 263 s
- GRECULA P, RADVANEC M (2005) Geotektonický model vývoja gemerika. *Miner Slov* 37, 3: 193-198
- GRECULA P, ABONYI A, ABONYIOVÁ M, ANTÁŠ J, BARTALSKÝ B, BARTALSKÝ J, DIANIŠKA I, DRNZÍK E, ĎUĐA R, GARGULÁK M, GAZDAČKO Ľ, HUDÁČEK J, KOBULSKÝ J, LÖRINCZ L, MACKO J, NÁVESNÁK D, NÉMETH Z, NOVOTNÝ L, RADVANEC M, ROJKOVIČ I, ROZLOŽNÍK L, ROZLOŽNÍK O, VARČEK C, ZLOCHA J (1995) Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zväzok 1. *Miner Slov monograph*, 834 s
- GRECULA P (ED.), KOBULSKÝ J, GAZDAČKO Ľ, NÉMETH Z, HRAŠKO Ľ, NOVOTNÝ L, MAGLAY J (2009) Geologická mapa Spišsko-gemerského rudohoria 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- GRECULA P, KOBULSKÝ J (EDS.), GAZDAČKO Ľ, NÉMETH Z, HRAŠKO Ľ, NOVOTNÝ L, MAGLAY J, PRAMUKA S, RADVANEC M, KUCHARIČ Ľ, BAJTOŠ P, ZÁHOROVÁ Ľ (2011) Vysvetlivky ku geologickej mape Spišsko-gemerského rudohoria 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 308 s
- GREGOR T, ILAVSKÝ J, KANTOR J (1964) Štúdium vápencov silúru gemeríd s cieľom vypracovania stratigraficko-štruktúrnych kritérií pre vyhľadávanie rúd (hlavne metasomatických sideritov). *Zpr o geol výsk v roku 1963, 2 - Slovensko*, 42-45
- GREW E S, LOCOCK A J, MILLS S J, GALUSKINA I O, GALUSKIN E V, HALENIUS U (2013) Nomenclature of the garnet supergroup. *Am Mineral* 98: 785-811
- ILAVSKÝ J (1957) Geológia rudných ložísk Spišsko-gemerského rudohoria. *Geol Práce Zoš* 46: 51-95
- ILAVSKÝ J (1962) Metalogenetický vývoj gemeríd a jeho problémy. *Geol Práce Zoš* 61: 87-100

- ILAVSKÝ J (1974) Príspevok k paleogeografii gelnickej série gemerid na základe rozšírenia stratiformných zrudnín. Západ Karpaty sér miner petrogr geochem ložiská 1: 51-97
- ILAVSKÝ J, POLÁK S (1967) Mangánové rudy. In: Slávik J (eds.) et al.: Nerastné suroviny Slovenska. SVTL, Bratislava, 118-127
- IVANIČKA J, SNOPKO L, SNOPKOVÁ P, VOZÁROVÁ A (1989) Gelnica Group - lower unit of Spišsko-gemerské rudohorie Mts. (West Carpathians) Early Palaeozoic. Geol Zbor Geol Carpath 40, 4: 483-501
- IVANOV M (1960) Bázický vulkanizmus gelnickej série v gemeridách. Geol Práce Zpr 19: 157-161
- IVANOV M (1965) Litológia, petrografia a metamorfizmus paleozoika Spišsko-gemerského rudohoria. Sbor Geol vied ZK 3: 43-92
- KANTOR J (1953) Mangánové ložisko pri Čučme. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 32 s
- KANTOR J (1954) O genéze mangánových rúd v Spišsko-gemerskom rudohorí. Geol Práce Zpr 1: 70-71
- LÁZÁR V (1959) Správa o archívno-výskumnej úlohe „Ankeritový pruh Hanková - Volovec“ v roku 1959. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 82 s
- LEXA J (ED.), BAČO P, HURAI V, CHOVAN M, KODĚRA P, PETRO M, ROJKOVIČ I, TRÉGER M (2007) Vysvetlivky k metalogenetickej mape Slovenskej republiky 1: 500 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 178 s
- MADERSPACH L (1880) Magyarország vasércz-fekhelyei. Kiadja a Kir. Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, 111 s
- MAZÚR E, LUKNIŠ M (1980) Geomorfologické jednotky (mapa 1: 500 000). In: Mazúr E, Jakál J (eds.): Atlas SSR. SAV a Slov úrad geod a kart Bratislava, 54-55
- MAZZOLI C, VOZÁROVÁ A (1989) Further data concerning the pressure character of the Hercynian metamorphism in the West Carpathians (Czechoslovakia). Rend Soc Ital Min Petr 43, 3: 635-642
- MORIMOTO N, FABRIES J, FERGUSON AK, GINZBURG IV, ROSS M, SEIFERT FA, ZUSSMAN J (1988) Nomenclature of pyroxenes. Am Mineral 73: 1123-1133
- OZDÍN D, UHER P (2002) Slovenské názvy minerálov. Minerály schválené Medzinárodnou mineralogickou asociáciou do konca roku 2001. ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-203
- PAPP K V (1915) A Magyar birodalom vasérc és köszénkészlete. A Fraklin-társulat nyomdája, Budapest, 964 s
- PECHO J, BEŇKA J, GARGULÁK M, VÁCLAV J (1981) Geologický výskum antimonitových ložísk v oblasti Betliar - Čučma - Volovec. Čiastková záverečná správa. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 439 s
- PETEREC D, ĎUĎA R (2003) Zriedkavé minerály Mn ložiska pri Čučme. Natura Carpatica 44: 229-236
- PETEREC D, ĎUĎA R (2009) Mangánová mineralizácia na lokalite Čučma. Minerál 17, 5: 410-414
- PUTIŠ M, SERGEEV S, ONDREJKA M, LARIONOV A, SIMAN P, SPIŠIAK J, UHER P, PADERIN I (2008) Cambrian-Ordovician metaigneous rocks associated with Cadomian fragments in the West-Carpathian basement dated by SHRIMP on zircons: a record the Gondwana active margin setting. Geol Carpath 59: 3-18
- RADVANEČ M, GREČULA P (2016) Geotectonic and metallogenetic evolution of Gemicum (Inner Western Carpathians) from Ordovician to Jurassic. Miner Slov 48, 2: 105-118
- RADVANEČ M, KONEČNÝ P, NÉMETH Z, GREČULA P (2007) P-T-t dráha a lokálne anatektické tavenie metapelite s prímesou psamitického kremeňa vo variskej metamorfóze gemerika. Miner Slov 39, 1: 1-44
- RADVANEČ M, KONEČNÝ P, ONDREJKA M, PUTIŠ M, UHER P, NÉMETH Z (2009) Granity gemerika ako indikátor extenzie kôry nad neskorovariskou subdukčnou zónou a pri ranoalpínskej riftogenéze (Západné Karpaty): interpretácia podľa veku monazitu a zirkónu datovaného metódou CHIME a SHRIMP. Miner Slov 41, 4: 381-394
- ROJKOVIČ I (1999) Manganese mineralization in the Western Carpathians, Slovakia. Geol Carpath spec iss 50: 191-192
- ROJKOVIČ I (2000) Mineralogická charakteristika mangánových rúd Slovenska. Príloha záverečnej správy Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 158 s
- ROJKOVIČ I (2001) Early Paleozoic manganese ores in the Gemicum Superunit, Western Carpathians, Slovakia. Geolines 13: 34-41
- ROZLOŽNÍK O (1973) Prehľad geologických a ložiskových pomerov okolia Rožňavy. In: Labancz Š (ed.), Banický Gemer, 70 rokov banického múzea v Rožňave, 105-126
- SASSI R, VOZÁROVÁ A (1987) The pressure character of the Hercynian metamorphism in the Gemicum (West Carpathians, Czechoslovakia). Rend Soc Ital Min Petr 42: 73-81
- SASSI R, VOZÁROVÁ A (1992) Pressure character of the Variscan metamorphism in the Gemicum and Veporicum (West Carpathians; Czecho-Slovakia). Bol Soc Geol It 111: 33-39
- SCHAFARZIK F (1904) Adatok a szepes-gömöri érczhegység pontosabb geologiai ismeretéhez. Matematikai és természettudományi értesítő. Akadémia, Budapest, 22: 414-447
- SCHULTZ-GÜTTLER R, PETERS TJ (1987) Coexisting rhodinite and pyroxmangite in the system $MnSiO_3$ - $CaSiO_3$ - $MgSiO_3$ - $FeSiO_3$ as a geothermometer. Schweiz Mineral Petrogr Mitt 67: 47-51
- SIVOLA J, SCHMID R (2007) List of mineral abbreviations. In: Fettes D, Desmons J (eds.): Metamorphic rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. Cambridge University Press, 93-110
- SNOPKO L (1967) Litologická charakteristika gelnickej série. Sbor Geol Vied ZK 7: 103-152
- SNOPKOVÁ P, SNOPKO L (1979) Biostratigrafia gelnickej série v Spišsko-gemerskom rudohorí na základe palinologických výsledkov (Západné Karpaty, paleozoikum). Západ Karpaty sér geol 5: 57-102
- SOTÁK J, VOZÁROVÁ A, IVANIČKA J (1999) New microfossils from the Early Paleozoic formation of the Gemicum (Foraminiferida). Special Issue from the Geol. Conf. Carpathian Geology 2000 in Smolenice. Geol Carpath 50: 72-74
- SOTÁK J, VOZÁROVÁ A, IVANIČKA J (2000) A new microfossils from the Early Paleozoic formations of the Gemicum. Slovak Geol Mag 6, 2-3: 275-277
- SPIŠIAK J, HOVORKA D, RYBKÁ R, TURAN J (1989) Spessartín a piemontit v metasedimentoch staršieho paleozoika vnútorných Západných Karpát. Čas Mineral Geol 34, 1: 17-29

- ŠTEVKO M, PLECHÁČEK J, VENCLÍK V, MALÍKOVÁ R (2015) Hausmannit a manganosit z manganového ložiska Čučma-Čierna baňa (Slovenská republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz Praha, 23, 1: 39-42
- TÓTH M (1882) Magyarország ásványai. Különös tekintettel termőhelyeik megállapítására. Budapest, 509 s
- VARČEK C (1963) Vztahy ložiskotvorných procesov v Západných Karpatoch ku ich geologickému vývoju. Acta geol Univ Comen Geol 8: 7-37
- VASSILEVA R D, GROZDEV V, PEYTCHEVA I, MACHEV P, VON QUADT A (2018) Grossulars from the skarnified marbles of the Chepinska Unit, Western Rhodopes. Proceedings of National Conference with international participation "GEOSCIENCES 2018" 35-36
- VÁŽNA L, IVANIČKA J, SNOPKO L (1986) Predbežné výsledky petrografického a geochemického štúdia karbonátov gelnickej skupiny. Spr o výsk GÚDŠ, Reg geol Záp Karpát 21: 55-58
- VOZÁROVÁ A (1993) Variská metamorfóza a krustálny vývoj v gemeriku. Západ Karpaty sér miner petrogr geochem metalogen 16: 55-117
- VOZÁROVÁ A (1998) Hercynian development of the external-Gemeric zone. In: Rakús M. (ed.): Geodynamic development of the Western Carpathians. Geological Survey of Slovak republic, Bratislava, 47-61
- VOZÁROVÁ A, SOTÁK J, IVANIČKA J (1998) A new microfauna from the Early Paleozoic formations of the Gemericum (foraminifera): constrains for other fossils or sub-fossils. In: Rakús M. (ed.): Geodynamic development of the Western Carpathians. Geological Survey of Slovak republic, Bratislava, 63-74
- VOZÁROVÁ A, SOTÁK J, IVANIČKA J (1999) Cambro-Ordovician fossils (conodontes, foraminiferes, chitinous shields) from the metamorphic series of the Gemericum (Western Carpathians). Jour Confer Abstr EUG 10 Vol 4, No 1, p. 266
- VOZÁROVÁ A, ŠARINOVÁ K, LARIONOV A, PRESNYAKOV S, SERGEEV S (2010) Late Cambrian/Ordovician magmatic arc type volcanism in the Southern Gemericum basement, Western Carpathians, Slovakia: U-Pb (SHRIMP) data from zircons. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 99, 1: 17-37
- VOZÁROVÁ A, RODIONOV N, ŠARINOVÁ K, PRESNYAKOV S (2016) New zircon ages on the Cambrian-Ordovician volcanism of the Southern Gemericum basement (Western Carpathians, Slovakia): SHRIMP dating, geochemistry and provenance. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 106, 6: 2147-2170