

<https://doi.org/10.46861/bmp.31.047>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Příspěvek k petrografii a mineralogii lokality Vyskočilka (Praha-Malá Chuchle, silur Barrandienu)

A contribution to petrography and mineralogy of the locality Vyskočilka (Prague-Malá Chuchle, Silurian of the Barrandian Basin)

ZDENĚK DOLNÍČEK*, DALIBOR VELEBIL A JANA ULMANOVÁ

*Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;***e-mail: zdenek.dolnicek@nm.cz*

DOLNÍČEK Z, VELEBIL D, ULMANOVÁ J (2023) Příspěvek k petrografii a mineralogii lokality Vyskočilka (Praha-Malá Chuchle, silur Barrandienu). Bull Mineral Petrolog 31(1): 47-64 ISSN 2570-7337

Abstract

Classical locality Vyskočilka in the Barrandian Basin displays a well-exposed section of black Silurian shales penetrated by a ca. 10-m thick *diabase* sill. We examined the petrographic character and mineral composition of the intrusive body and enclosing shales, as well as the hydrothermal veins cutting the rocks. The *diabase* is a rock with basic affinity (paleobasaltoid), which was strongly influenced by post-magmatic alterations including albitization and zeolitization of feldspars as well as chloritization of clinopyroxenes and Fe-Ti spinelides. Host sediments show variously intense thermal overprint at the contact with the sill. The predominating Silurian shales are rarely accompanied by laminites, formed by siliciclastic material, calcite, apatite and probably also a pyroclastic component. A minor component of all sediments are Ti-rich chromspinelides, which are classified as chromite, magnetite, and spinel. Chromspinelides form isolated euhedral single crystals reaching up to 50 μm in size, as well as their intergrowths and fragments, which all do not display marks of abrasion due to transport. We therefore presuppose that they represent relics of ultrabasic pyroclastic material (volcanic ash), which was deposited during sedimentation of Silurian sediments. There are known few sills of Silurian meimechites in the Prague Basin containing chromspinelides with comparable chemical composition, which can thus represent a likely source of chromspinelides. The vein hydrothermal mineralizations, present at the study site, probably originated during different geological processes. The calcite veins with minor quartz and hydrocarbons likely formed during Variscan tectono-thermal overprint of the area. By contrast, the vein mineralization containing calcite, quartz, titanite, anatase, and Zn-Fe-Ni-Cu sulphides was likely associated with contact-metamorphic processes related to intrusion of *diabase*.

Key words: Barrandian, tuffite, pyrometamorphism, *diabase*, chrome spinels, hydrothermal veins

Obdrženo 6. 3. 2023; přijato 30. 5. 2023

Terminologická poznámka

V předloženém textu autoři používají petrology v současnosti nedoporučovaný termín „diabas“, a to jednak s ohledem na kontinuitu se staršími pracemi, jednak s přihlédnutím k novým zjištěním prezentovaným v tomto příspěvku, které ukázaly, že ani nově použité označení „bazalt“ (Tasáryová et al. 2018) není v případě studované lokality ideální volbou. Při vědomí jeho nevhodnosti používáme tedy termín *diabas* formátovaný kurzívou, podobně jak to časopis vyžaduje v případě neplatných (resp. IMA neschválených) názvů minerálů.

Druhá terminologická komplikace se týká pojmenování majoritních sedimentárních hornin přítomných na lokalitě, pro které rovněž používáme v literatuře užívaný výraz „břidlice“. Jednotlivé odebrané vzorky se však často liší břidličnatostí (jílovec vs. jílová břidlice), zrnitostí (přítomny jsou pelity i aleurity) a stupněm termální přeměny (nepostížené sedimenty vs. regulérní kontaktní rohovce). Mezi zmíněnými litotypy existují plynulé přechody. Použití termínu „břidlice“ tedy sice představuje značné zjednodušení oproti realitě, avšak podle našeho názoru nezbytné, a to nejen proto, že na lokalitě v tomto směru neexistují ostré hranice, ale i proto, aby i pro čtenáře zůstala zachována přehlednost textu a čitelnost grafických příloh.

Úvod

Skála Vyskočilka u Malé Chuchle (obr. 1) je jednou z mnoha významných geologických lokalit na území Prahy. Pojmenována byla podle nedalekého, dnes již neexistujícího zájezdního hostince Na Vyskočilce. Geologické výzkumy zde probíhají již od 19. století. Lokalita dobře dokumentuje geologický vývoj pražské pánve v období siluru, a proto byla spolu s výchozy silurských a devonských vápenců blízke Barrandovy skály, lomů U kapličky a Pod terasami vyhlášena za národní přírodní památku s názvem NPP Barrandovské skály (Kříž 1999). Kromě geologického a paleontologického hlediska je významná i z pohledu mineralogického. Lokalitu představuje skalnatý sráz na severním okraji Malé Chuchle při staré Zbraslavské silnici (dnes ulice Zbraslavská). Z regionálně geologického hlediska se Vyskočilka nachází při sv. okraji pražské pánve v tepelsko-barrandienské oblasti (obr. 2).

Výrazný skalní výchoz je tvořen asi 10 m mocnou ložnou žilou silurského *diabasu* pronikající silurskými břidlicemi s vložkami vápenců až vápničitých tufů. Lokalita je významným paleontologickým nalezištěm. Z černých břidlic litéšského souvrství (motolské vrstvy, stupeň llandover a wenlock) v podloží i nadloží *diabasové* žíly bylo popsáno

více než 50 druhů graptolitů, ale i další fauna, jako hlavo-
nožci, ramenonožci a mlži. Při styku s *diabasem* jsou břid-
lice v nadloží i podloží žíly kontaktně tepelně přeměněny.
Nejblíže styku s vyvřelou horninou jsou vyvinuty pevné
kontaktní rohovce, které přecházejí do plodových břidlic
s porfyroblasty kontaktních minerálů a ty zase v nevel-
ké vzdálenosti od kontaktu do slaběji vypálených břidlic s
graptolity (Chlupáč 1988, 1999).

Lokalita je také klasickým nalezištěm společenství
minerálů alpského typu vyskytujících se na puklinách *dia-*

basu. Pocházejí odtud nálezy kalcitu, analcimu, chabazi-
tu, laumontitu, prehnitu, natrolitu, datolitu, mesolitu a al-
bitu (Zippe 1839, 1849; Demel 1851; Krejčí 1852, 1854,
1856, 1862, 1877; Reuss 1854, 1860; Bořický 1867,
1869, 1871, 1873; Šafařík 1871, 1874; Preis, Vrba 1879;
Vrba 1880; Preiss 1885; Klvaňa 1886; Katzer 1887; Ze-
pharovich 1893; Kratochvíl 1912). V kalcitových žilkách
pronikajících tuftickými vápenci v nadloží žíly *diabasu* se
vyskytují automorfně omezené krystaly křemene velikos-
ti do 2 cm, někdy i v podobě velmi estetických vzorků

záhnědy. Kromě toho byl od Vyskočilky zmiňován i baryt (Klvaňa 1879), pyrit (Reuss 1854), jarosit a natrojarosit (Ulrich 1934, 1935). Na puklinách vápenců bývá běžně přítomen sádrovec. Přehledně shrnul historii mineralogických výzkumů z Vyskočilky Velebil (2018). Chemické a Nd-izotopové složení silurských a devonských paleobazaltoidů pražské pánve tepel-
sko-barrandienské oblasti, včetně vzorků z Vyskočilky, studovali nejnověji Tasáryová et al. (2018). Klasickými pracemi na téma silurských paleovulkanitů Barrandienu jsou studie Fialy (1974, 1976). Z významnějších prací zabývajících se problematikou silurských sedimentů pražské pánve lze zmínit práce Kukala (1985) a Štorcha a Pašavy (1989).

V roce 2015 byl ze sutí v jižní části skalního výchozu *diabasu* odebrán (DV) úlomek jemně vrstevnaté horniny s mocnostmi barevně kontrastních lamin okolo 1 mm, který vizuálně neodpovídal ani *diabasu*, ani obvyklým sedimentárním horninám na lokalitě přítomným. Vzorek byl následně podroben mineralogickému studiu, které poskytlo poměrně zajímavá zjištění, takže následně byly z lokality odebrány další vzorky a také ty byly podrobeny bližšímu studiu. Výsledky našich nových výzkumů jsou předloženy v tomto článku.

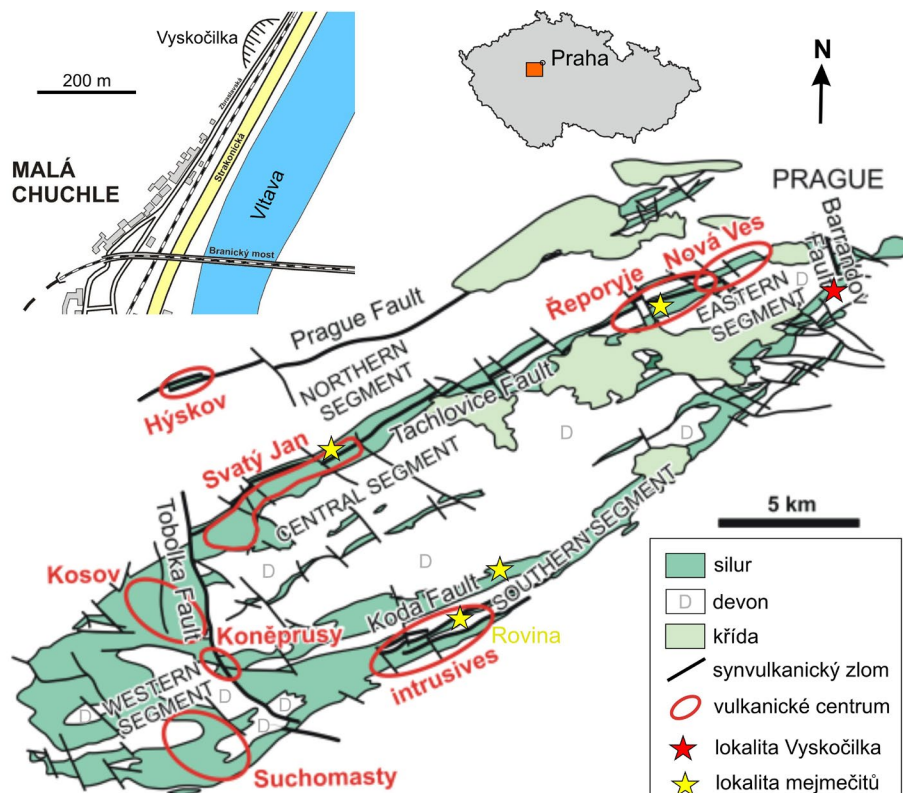
Metodika

Z odebraných makrovzorků byly zhotoveny nábrusy a leštěné výbrusy, jejichž prvotní dokumentace byla provedena na polarizačním mikroskopu Nikon Eclipse ME600.

Následně byly preparáty napařeny uhlíkovým filmem o tloušťce 30 nm a studovány



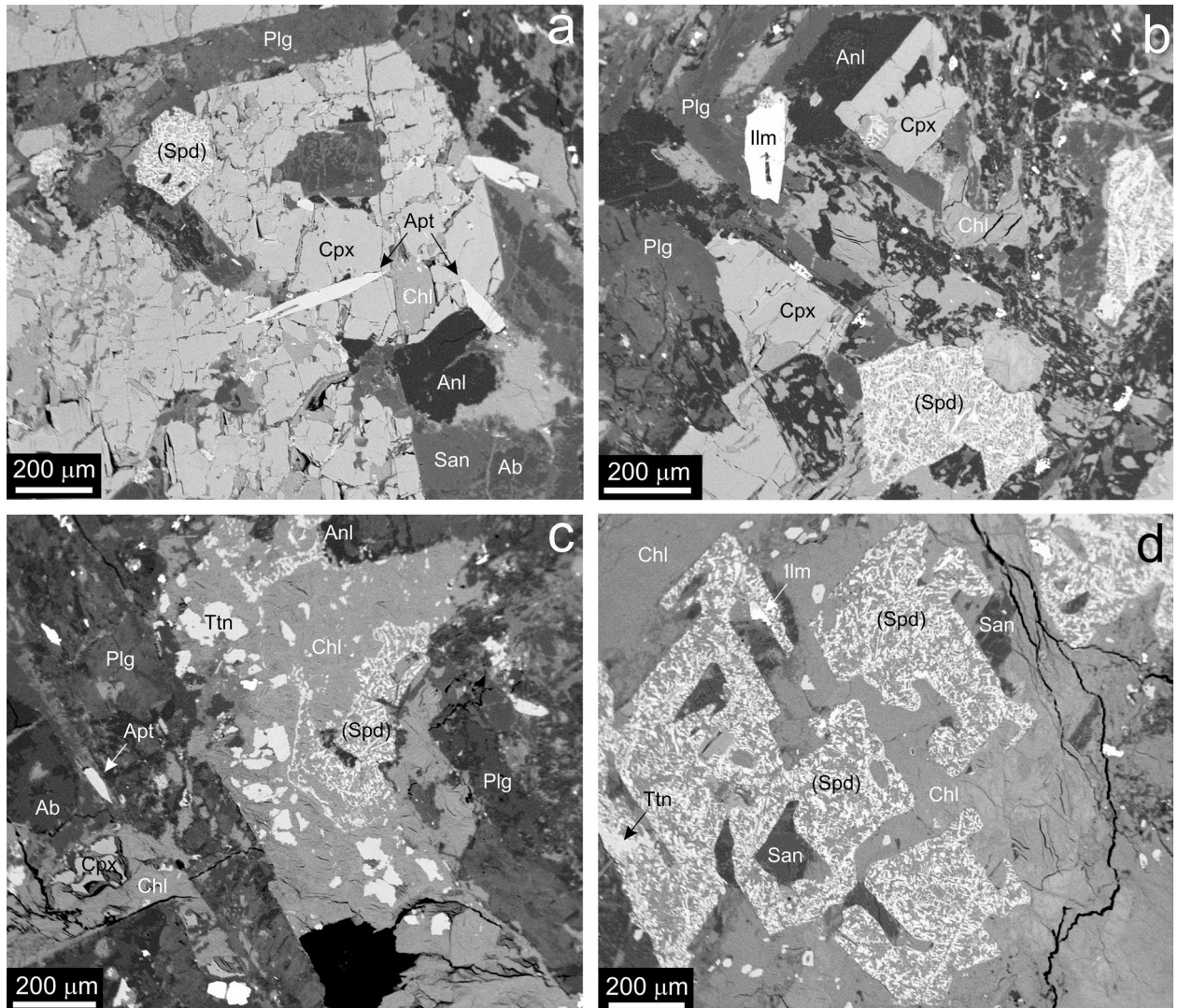
Obr. 1 Skála Vyskočilka u Malé Chuchle, stav z května 2023. Foto D. Velebil.



Obr. 2 Topografická a geologická pozice studované lokality a dalších zmiňovaných v textu. V mapě jádra pražské pánve jsou zvýrazněny silurské horniny a silurská vulkanická centra. Podkladová geologická mapa převzata z Tasáryové et al. (2018).

na elektronové mikroskopě Cameca SX-100 v laboratoři Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze (operátoři Z. Dolníček a J. Ulmanová). Na přístroji byly pořízeny snímky ve zpětně odražených elektronech (BSE), provedena identifikace jednotlivých fází pomocí energiově disperzních (EDS) spekter a kvantitativně měřeno chemické složení vybraných fází ve vlnově disperzním (WDS) modu. Kvantitativní analýzy *sulfidů* byly měřeny při urychlovacím napětí 25 kV, proudu elektronového svazku 20 nA, průměru svazku 0.7 μm a za použití následujících standardů a analytických čar: Ag (AgL α), albit (NaK α), Au (AuM α), Bi₂Se₃ (BiM β), CdTe (CdL α), Co (CoK α), CuFeS₂ (CuK α , SK α), FeS₂ (FeK α), fluorapatit (CaK α , PK α), GaAs (GaL α), Ge (GeL α), HgTe (HgL α), InAs (InL α), Mn (MnK α), NaCl (ClK α), NiAs (AsL β), Ni (NiK α), PbS (PbM α), PbSe (SeL β), PbTe (TeL α), sanidin (KK α), Sb₂S₃ (SbL α), Sn (SnL α), Tl(Br, I) (TlL α) a ZnS (ZnK α). Analýzy *oxidů, karbonátů, fosfátů a silikátů* byly provedeny při urychlovacím napětí 15 kV, proudu svazku 20 nA (titanit, všechny oxidické fáze), 10 nA (pyroxeny, apatit, chlorit, živce), respektive 5 nA

(analcim, kalcit) a při průměru elektronového svazku 0.7 μm (titanit, všechny oxidické fáze), 2 μm (pyroxeny, apatit, chlority, živce), 5 μm (kalcit), respektive 8 μm (analcim). V titanitech byly měřeny obsahy Al, Ca, Ce, F, Fe, Hf, La, Mg, Na, Nb, Nd, P, Pb, Pr, Sc, Si, Sn, Ta, Ti, Y a Zr, v pyroxenech Al, Ba, Ca, Cl, Cr, F, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, Si, Sr, Ti, V a Zn, v živcích Al, Ba, Ca, Cs, Cu, F, Fe, Mg, Mn, N, K, Na, P, Pb, Rb, Si, Sr a Zn, v analcimu Al, Ba, Ca, Cl, Cs, Cu, F, Fe, Mg, Mn, N, K, Na, P, Pb, Rb, S, Si, Sr a Zn, v apatitech Al, As, Ba, Ca, Ce, Cl, F, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Nd, P, Pb, S, Si, Sr, Y a Zn, v chloritech Al, Ba, Ca, Co, Cs, Cu, F, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Si, Sr a Zn, v TiO₂ fázi Al, As, Ca, Cr, Fe, Mg, Mn, Mo, N, Na, Nb, P, Pb, S, Sc, Si, Sn, Ta, U, V, W, Y a Zr, v kalcitu Al, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si, Sr a Zn a ve spinelidech a ilmenitu Al, Ca, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S, Sb, Si, V a Zn. Použité standardy a analytické čáry: albit (NaK α), almandin (AlK α , FeK α), antimonit (SbL α), apatit (PK α , CaK α), baryt (BaL β), BN (NK α), celestin (SK α , SrL β), CePO₄ (CeL α), Co (CoK α), Cr₂O₃ (CrK α), CrTa₂O₆



Obr. 3 Stavba a minerální asociace vyvrělé horniny z Vyskočilky v obrazech BSE. a,b - slaběji alterovaný vzorek s lištotovitým bazickým plagioklasem (Plg, zčásti albitizovaným, Ab), sanidinem (San) a analcimem (Anl). Tmavé minerály jsou zastoupeny slabě chloritizovaným (Chl) klinopyroxenem (Cpx), apatitem (Apt), ilmenitem (Ilm) a spinelidem (Spd) zcela přeměněným ve směs chloritu (tmavý) a TiO₂ fáze (světlá). c,d - silněji alterovaný vzorek, v němž z tmavých magmatogenních fází zbývají jen drobné relikty. Součástí alterační minerální asociace po spinelidu je i titanit (Ttn). Všechny snímky Z. Dolníček.

Tabulka 1 Příklady chemického složení živců (Plg - plagioklas, Ab - albit, San - sanidin, Kfs - K-živec) a analcimu (Anl) z diabasů (Dbs) a laminitů (Lmt) z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty apfu jsou kalkulovány na základ 8 (živce), resp. 6 (analcim) atomů kyslíku, obsahy koncových členů jsou v mol. %. bdl - pod mezí stanovitelnosti, Alk = Ca+Sr+Ba+Na+K

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hornina	Dbs	Dbs	Dbs	Dbs	Dbs	Dbs	Dbs	Lmt	Lmt	Dbs	Dbs	Dbs
Minerál	Plg	Plg	Plg	Ab	Ab	San	San	Kfs	Kfs	Anl	Anl	Anl
SiO ₂	55.36	55.69	59.75	67.74	67.14	68.11	67.15	62.79	63.41	53.04	55.73	55.68
Al ₂ O ₃	28.27	28.53	24.86	20.27	20.04	19.17	18.78	17.83	17.98	22.67	22.95	22.48
FeO	0.63	0.68	0.41	0.35	0.29	0.23	0.29	0.16	bdl	0.13	bdl	0.10
CaO	11.72	11.13	6.93	0.34	0.52	0.44	0.42	0.23	0.14	bdl	bdl	bdl
SrO	bdl	bdl	bdl	0.57	0.86	0.13	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
BaO	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.24	0.10	bdl	bdl	bdl
Na ₂ O	5.06	5.54	7.60	11.79	11.25	7.22	7.08	0.28	bdl	14.11	14.32	14.61
K ₂ O	0.29	0.37	0.77	0.21	0.25	6.71	6.93	15.61	16.20	0.14	bdl	bdl
Celkem	101.33	101.94	100.32	101.27	100.35	102.01	100.65	97.14	97.83	90.09	93.00	92.87
Si ⁴⁺	2.476	2.476	2.669	2.947	2.950	2.992	2.993	2.993	2.999	1.989	2.015	2.020
Al ³⁺	1.490	1.495	1.309	1.040	1.038	0.992	0.987	1.002	1.002	1.002	0.978	0.961
Fe ²⁺	0.024	0.025	0.015	0.013	0.011	0.008	0.011	0.006	bdl	0.004	bdl	0.003
Ca ²⁺	0.562	0.530	0.332	0.016	0.024	0.021	0.020	0.012	0.007	bdl	bdl	bdl
Sr ²⁺	bdl	bdl	bdl	0.014	0.022	0.003	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Ba ²⁺	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.004	0.002	bdl	bdl	bdl
Na ⁺	0.439	0.478	0.658	0.995	0.958	0.615	0.612	0.026	bdl	1.026	1.004	1.028
K ⁺	0.017	0.021	0.044	0.012	0.014	0.376	0.394	0.949	0.978	0.007	bdl	bdl
Alk	1.017	1.029	1.034	1.037	1.019	1.015	1.026	0.992	0.987	1.032	1.004	1.028
Catsum	5.007	5.026	5.027	5.036	5.017	5.008	5.017	4.993	4.988	4.027	3.998	4.013
Ab	43.9	47.8	65.8	99.5	95.8	61.5	61.2	2.6	0.0			
An	56.2	53.0	33.2	1.6	2.4	2.1	2.0	1.2	0.7			
Or	1.7	2.1	4.4	1.2	1.4	37.6	39.4	94.9	97.8			
Slw	0.0	0.0	0.0	1.4	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0			
Cn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2			

(TaLa), Cs-sklo (CsLa), diopsid (MgKa), halit (ClKa), Hf (HfMa), chalkopyrit (CuKa), klinoklas (AsLa), LaPO₄ (LaLa), LiF (FKa), Nb (NbLa), NdPO₄ (NdLβ), Ni (NiKa), PrPO₄ (PrLβ), Rb-Ge-sklo (RbLa), rodonit (MnKa), sanidin (AlKa, KKa, SiKa), scheelit (WLα), ScVO₄ (ScKa), Sn (SnLa), TiO₂ (TiKa), UO₂ (UMa), V (VKa), vanadinit (PbMa), wollastonit (CaKa, SiKa), YVO₄ (YLa), zinkit (ZnKa), zirkon (ZrLa). Měřicí časy na píku se obvykle pohybovaly mezi 10 a 30 s (pro N 150 s), měřicí časy pozadí trvaly polovinu času měření na píku. Načtená data byla přepočítána na hm. % s použitím standardní PAP korekce (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy prvků, které nejsou uvedeny v níže prezentovaných tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti.

Ramanovská měření byla provedena *in situ* v nábrusu za pomoci Ramanova disperzního spektrometru DRX (Thermo Scientific) s konfokálním mikroskopem Olympus (Národní muzeum). Spektrometr byl kalibrován pomocí softwarově řízené procedury s využitím emisních linií neonu (kalibrace vlnočtu), Ramanových pásů polystyrenu (kalibrace frekvence laseru) a standardizovaného zdroje bílého světla (kalibrace intenzity). Spektra studovaných minerálů byla získána za použití zeleného laseru (532 nm) o výkonu 10 mW v měřicím rozsahu 45 - 4000 cm⁻¹, za použití objektivu 100× a kruhové apertury o šířce 25 μm. Jedno spektrum bylo načítáno cca 3 minuty (expoziční čas 1 s, 200 skenů). Získaná spektra byla následně pomocí obslužného softwaru Omnic 9 automaticky porovnávána s referenčními spektry v databázi RRUFF. Číselné hodnoty pozic jednotlivých pásů ve spektrech byly vizualizovány v tomtéž programu.

Tabulka 2 Příklady chemického složení pyroxenu z diabasů z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty apfu a rozpočet Fe jsou kalkulovány na základ 6 atomů kyslíku a 4 kationtů na vzorcovou jednotku, obsahy koncových členů jsou v mol. %. F/FM = Fe²⁺/(Fe²⁺+Mg)

An. č.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	51.09	49.78	49.51	49.68	51.54	50.80
TiO ₂	0.98	1.23	1.25	1.28	1.50	1.29
Al ₂ O ₃	1.09	1.83	2.46	1.93	2.26	1.80
Fe ₂ O ₃	1.95	3.09	5.99	4.51	0.04	1.90
MgO	10.95	12.09	10.67	12.38	12.20	11.63
MnO	0.31	0.31	0.26	0.33	0.28	0.33
FeO	11.65	9.68	7.11	7.96	12.00	11.49
CaO	21.63	21.33	22.25	21.54	21.54	21.53
Na ₂ O	0.60	0.38	1.17	0.56	0.29	0.38
Celkem	100.25	99.72	100.67	100.17	101.65	101.15
Si ⁴⁺	1.942	1.894	1.868	1.877	1.918	1.911
Ti ⁴⁺	0.028	0.035	0.035	0.036	0.042	0.037
Al ³⁺	0.049	0.082	0.109	0.086	0.099	0.080
Fe ³⁺	0.056	0.088	0.170	0.128	0.001	0.054
Mg ²⁺	0.620	0.686	0.600	0.697	0.677	0.652
Mn ²⁺	0.010	0.010	0.008	0.011	0.009	0.011
Fe ²⁺	0.370	0.308	0.224	0.252	0.374	0.361
Ca ²⁺	0.881	0.869	0.899	0.872	0.859	0.868
Na ⁺	0.044	0.028	0.086	0.041	0.021	0.028
Catsum	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
F/FM	0.37	0.31	0.27	0.27	0.36	0.36
Wo	47.1	46.7	52.2	47.9	45.0	46.1
En	33.2	36.8	34.8	38.3	35.4	34.7
Fs	19.8	16.5	13.0	13.8	19.6	19.2

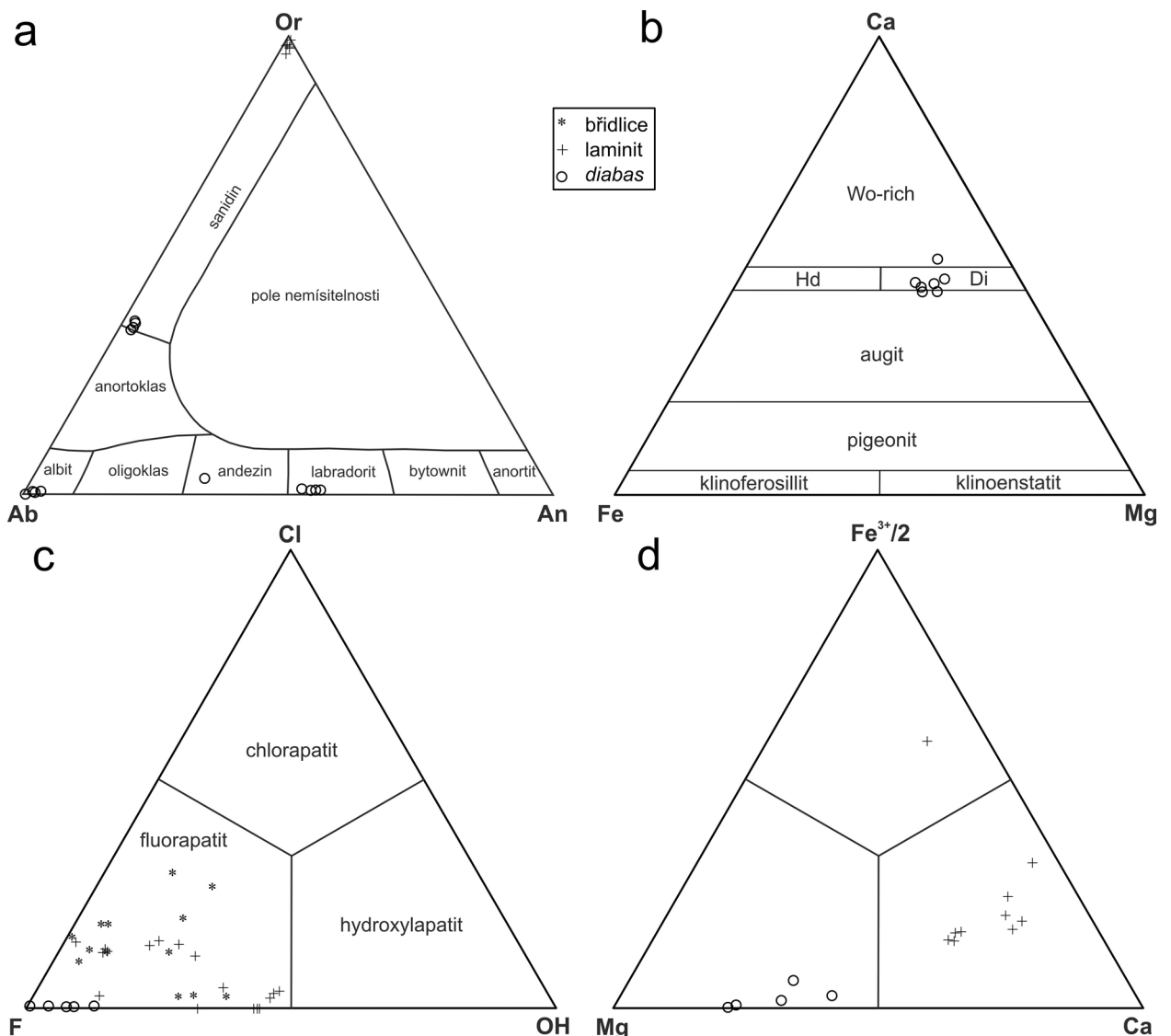
Výsledky

Většina námi nově odebraných a posléze i laboratorně podrobněji studovaných vzorků reprezentuje horninový materiál lokality, a to jak *diabas*, tak sedimenty, v menší míře byly vzorkovány i hydrotermální žíly.

Diabas

Na lokalitě lze běžně sbírat vzorky *diabasu*, pocházející podle literárních údajů z ložní žíly, prorážející silurské sedimenty. Kontakt spodní části tělesa *diabasu* s podložními sedimenty je v současné době na jednom místě špatně odkrytý i špatně přístupný, zatímco kontakt svrchní části tělesa *diabasu* s nadložními sedimenty, který by byl přístupný bez využití horolezecké techniky, jsme nezaznamenali. Vizually má magmatická hornina černozeleňou barvu a masivní vzhled. Hornina je dosti rozpadavá, nepravidelného lomu a s jen ojedinělými až několik mm mocnými žilkami vyplněnými bílým kalcitem. V mikroskopu je patrné, že jde o poměrně hrubozrný magmatit (běžná velikost zrn hlavních silikátových fází přes 1 mm), který je v různých vzorcích různě intenzivně postmagmaticky alterovaný (obr. 3). Má zřetelnou ofitickou stavbu, definovanou přítomností hojných lištovitých

vyrostlic bazického plagioklasu, prostory mezi nimiž jsou vyplněny tmavými minerály (obr. 3a-c). Z nich je ještě zčásti zachován klinopyroxen, apatit a Fe-Ti oxidy (obr. 3). Dále se vyskytují chlorit, albit, titanit, alkalický živec a analcim coby vesměs alterační fáze, vznikající na úkor primárních magmatických fází. Bazický plagioklas (labradorit $Ab_{44-49}An_{53-56}Or_2$; analýzy 1 - 2 v tab. 1), místy s andezínovým okrajem ($Ab_{64}An_{32}Or_4$; analýza 3 v tab. 1; obr. 4a), byl hlavní světlou složkou horniny, která je však zčásti pseudomorfována albitem ($Ab_{94-95}An_2Or_2$ Slw_{1,2}; analýzy 4 - 5 v tab. 1) a analcimem. Primární magmatické živce jsou místy reprezentovány i relikty sanidinu, jehož složení se pohybuje blízko hranice sanidin - anortoklas ($Ab_{61-62}An_2Or_{37-39}$; analýzy 6 - 7 v tab. 1; obr. 3a,d, 4a). Klinopyroxen nejvíce v obraze BSE výraznou zonalitu, avšak místo od místa je jeho chemismus mírně proměnlivý, přičemž jednotlivé analýzy klasifikačně odpovídají augitu, diopsidu až Wo-bohatému pyroxenu ($Wo_{45-52}En_{33-38}Fs_{13-20}$) ve smyslu Morimoto et al. (1988) (0.86 - 0.90 *apfu* Ca, 0.03 - 0.04 *apfu* Ti, $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg) = 0.27 - 0.37$; tab. 2, obr. 4b). Apatit vytváří izolované, mladšími alteracemi zcela nedotčené jehlicovité krystaly, obrůstané jak labradoritem, tak klinopyroxenem (obr.



Obr. 4 Variace v chemismu některých minerálních fází z Vyskočiky. a - živce v ternárním diagramu albit-ortoklas-anortit. b - klinopyroxeny v diagramu Ca - Mg - Fe (Morimoto et al. 1988). c - apatity v diagramu F - Cl - OH. d - minoritní komponenty ilmenitů v diagramu geikielit - perovskit - hematit.

3a,c). Chemicky náleží fluorapatitu (0.85 - 0.99 *apfu* F; tab. 3, analýzy 1 - 2; obr. 4c) s malou příměsí Fe (0.023 - 0.031 *apfu* Fe), Cl (0.010 - 0.011 *apfu* Cl) a LREE (0.006 - 0.012 *apfu* La+Ce+Nd). Spinelid v hornině vytvářel hojně jednotlivé izometrické, automorfně omezené či kostrovité krystaly, obrůstané silikáty (obr. 3a-d). Krystaly spinelidu jsou vždy zcela alterovány ve směs Ti-oxidů (tvořících v pseudomorfózách charakteristickou mřížovou kostru, v BSE obraze světlejší), titanitu a chloritu. Ilmenit, asociovaný se spinelidem nebo i v samostatných, tlustě tabulkovitých krystalech, je naproti tomu vždy dobře zachován (obr. 3b,d) a jeho chemismus se vyznačuje zvýšeným podílem geikielitové a pyrofanitové složky a jen malými podíly hematitové a perovskitové komponenty ($\text{Ilm}_{82-86}\text{Gei}_{4-9}\text{Prp}_{2-11}\text{Hem}_3\text{Per}_{0-1}$; tab. 4, analýzy 1 - 2; obr. 4d). Titanit je poměrně vzácný, vytváří hlavně xenomorfně omezená zrna o velikosti až 70 μm , v BSE obraze nezonální, vtroušená v chloritu v blízkosti silně alterovaných zrn spinelidů (obr. 3c). Jeho chemické složení (tab. 5) se vyznačuje slabě zvýšenými obsahy

Al (0.044 - 0.099 *apfu*), Fe (0.022 - 0.059 *apfu*), LREE (0.001 - 0.003 *apfu* Ce) a F (0.040 - 0.079 *apfu*). Běžnou alterační fází je chlorit, který intenzivně zatlačuje pyroxen a spinelid (obr. 3a-d). Obsahuje 3.43 - 3.73 *apfu* Si (báze přepočtu 14 atomů O) a poměr $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$ má nejčastěji v intervalu 0.44 - 0.48, v jedné analýze až 0.57; tab. 6). Klasifikačně odpovídá většina analýz klnochloru v klasifikaci Baylisse (1975), respektive *penninu* v klasifikaci Melky (1965), jediná analýza pak spadá do pole chamositu dle Baylisse (1975), respektive *delessitu* podle Melky (1965). Zjištěné obsahy Ca (0.034 - 0.119 *apfu*) nekorelují s obsahy Si ($R^2 = 0.39$) a jsou tedy vázány v chloritové komponentě (srov. Bayliss 1975) a nikoliv ve smektitu. Analcim je nejmladší fází, která většinou zatlačuje bazické plagioklasy, sanidin nebo albit a také vyplňuje zbylé volné prostory mezi ostatními alteračními fázemi (obr. 3a-c). Chemismus analcimu rámcově odpovídá ideálnímu vzorci (tab. 1, analýzy 10 - 12), navíc s malými obsahy K, Ca či Fe (do 0.045 *apfu* každého z uvedených prvků, báze přepočtu 6 atomů kyslíku).

Tabulka 3 Příklady chemického složení apatitu z diabasů (Dbs), břidlice (B) a laminitu (Lmt) z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty *apfu* jsou kalkulovány na základ 5 kationtů v pozici Ca, obsahy koncových členů jsou v mol. %. Obsah CO_2 je dopočten na sumu kationtů v pozici P rovnou 3 *apfu*. bdl - pod mezí stanovitelnosti, na - neanalyzováno

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Hornina	Dbs	Dbs	B	B	B	B	B	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt
SO ₃	bdl	bdl	0.35	0.20	0.27	bdl	bdl	0.11	0.13	bdl	bdl	bdl	bdl	0.17
P ₂ O ₅	42.30	42.24	41.30	40.67	40.33	39.76	42.06	38.40	38.97	42.00	41.99	42.17	42.16	41.78
SiO ₂	0.12	0.18	0.58	0.48	1.10	1.07	bdl	0.15	0.73	bdl	0.14	0.17	bdl	0.44
CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.25	0.77	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
La ₂ O ₃	bdl	bdl	0.19	0.18	0.13	1.25	bdl	bdl	bdl	na	na	na	na	bdl
Ce ₂ O ₃	0.19	0.25	0.29	0.28	0.15	1.52	0.22	bdl	bdl	0.24	0.14	bdl	0.14	bdl
Nd ₂ O ₃	bdl	0.15	bdl	bdl	0.13	0.67	bdl	bdl	bdl	na	na	na	na	bdl
MgO	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.08	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
CaO	55.46	55.31	55.36	55.34	54.39	51.04	55.22	52.35	52.42	54.95	55.25	55.59	55.42	55.69
FeO	0.45	0.33	0.09	0.16	0.22	0.33	0.49	0.21	0.23	0.21	0.13	0.21	bdl	0.25
K ₂ O	bdl	0.03	bdl	0.05	bdl	0.36	0.11	0.04	0.05	bdl	bdl	bdl	bdl	0.03
F	3.29	3.74	3.09	3.22	2.86	2.08	2.32	1.85	1.89	2.34	2.63	2.56	3.19	1.91
Cl	0.07	0.08	0.84	0.67	1.20	1.89	0.15	0.22	0.15	0.79	0.95	1.02	0.20	0.26
O=F+Cl	-1.37	-1.55	-1.46	-1.47	-1.44	-1.28	-0.99	-0.81	-0.81	-1.14	-1.29	-1.28	-1.35	-0.84
Celkem	100.51	100.76	100.63	100.31	99.34	98.69	99.91	93.29	93.78	99.39	99.94	100.44	99.76	99.70
S ⁶⁺	bdl	bdl	0.022	0.013	0.017	bdl	bdl	0.007	0.009	bdl	bdl	bdl	bdl	0.011
P ⁵⁺	2.991	2.994	2.935	2.886	2.913	2.970	2.972	2.886	2.924	3.006	2.995	2.988	3.003	2.952
Si ⁴⁺	0.010	0.015	0.049	0.040	0.094	0.094	bdl	0.013	0.065	bdl	0.012	0.014	bdl	0.037
C ⁴⁺	0.000	0.000	0.000	0.061	0.000	0.000	0.028	0.093	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Subtot.	3.001	3.009	3.006	2.999	3.024	3.064	3.000	3.000	3.000	3.006	3.006	3.003	3.003	3.000
La ³⁺	bdl	bdl	0.006	0.006	0.004	0.041	bdl	bdl	bdl	na	na	na	na	bdl
Ce ³⁺	0.006	0.008	0.009	0.009	0.005	0.049	0.007	bdl	bdl	0.007	0.004	bdl	0.004	bdl
Nd ³⁺	bdl	0.004	bdl	bdl	0.004	0.021	bdl	bdl	bdl	na	na	na	na	bdl
Mg ²⁺	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.010	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Ca ²⁺	4.963	4.962	4.979	4.969	4.972	4.824	4.937	4.980	4.977	4.978	4.987	4.985	4.996	4.979
Fe ²⁺	0.031	0.023	0.006	0.011	0.016	0.024	0.034	0.016	0.017	0.015	0.009	0.015	bdl	0.017
K ⁺	bdl	0.003	bdl	0.005	bdl	0.041	0.012	0.005	0.006	bdl	bdl	bdl	bdl	0.003
Subtot.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F ⁻	0.869	0.990	0.820	0.853	0.772	0.580	0.612	0.519	0.530	0.626	0.701	0.678	0.849	0.504
Cl ⁻	0.010	0.012	0.123	0.098	0.179	0.291	0.022	0.034	0.023	0.116	0.140	0.149	0.029	0.038
Subtot.	0.879	1.002	0.943	0.951	0.950	0.871	0.634	0.553	0.553	0.742	0.840	0.827	0.878	0.542
F-Apt	86.9	98.8	82.0	85.3	77.2	58.0	61.2	51.9	53.0	62.6	70.1	67.8	84.9	50.4
Cl-Apt	1.0	1.2	12.3	9.8	17.9	29.1	2.2	3.4	2.3	11.6	14.0	14.9	2.9	3.8
OH-Apt	12.1	0.0	5.7	4.9	5.0	12.9	36.6	44.7	44.7	25.8	16.0	17.3	12.2	45.8

Tabulka 4 Příklady chemického složení ilmenitu z diabasu (Dbs) a laminitu (Lmt) z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty apfu a rozpočet Fe jsou kalkulovány na základ 3 atomů kyslíku a 2 kationtů na vzorcovou jednotku, obsahy koncových členů jsou v mol. % bdl - pod mezí stanovitelnosti

An. č.	1	2	3	4	5	6
Hornina	Dbs	Dbs	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt
TiO ₂	51.95	51.02	45.28	45.52	47.38	47.42
V ₂ O ₃	bdl	0.05	0.28	0.32	0.25	0.25
Cr ₂ O ₃	bdl	bdl	0.06	0.06	bdl	0.05
Fe ₂ O ₃	2.88	3.20	11.84	11.18	8.82	8.97
MgO	2.48	1.67	0.73	0.56	1.09	1.14
CaO	0.06	0.25	1.09	1.11	0.92	0.83
MnO	0.83	1.74	0.37	0.28	0.11	0.13
FeO	41.40	40.84	37.59	38.14	39.16	39.23
NiO	bdl	bdl	0.08	0.11	0.10	0.12
ZnO	bdl	bdl	bdl	bdl	0.15	0.10
Celkem	99.60	98.77	97.32	97.28	97.98	98.24
Ti ⁴⁺	0.973	0.969	0.881	0.887	0.912	0.911
V ³⁺	bdl	0.001	0.006	0.007	0.005	0.005
Cr ³⁺	bdl	bdl	0.001	0.001	bdl	0.001
Fe ³⁺	0.054	0.061	0.230	0.218	0.170	0.172
Mg ²⁺	0.092	0.063	0.028	0.022	0.042	0.043
Ca ²⁺	0.002	0.007	0.030	0.031	0.025	0.023
Mn ²⁺	0.018	0.037	0.008	0.006	0.002	0.003
Fe ²⁺	0.862	0.862	0.813	0.826	0.838	0.838
Ni ²⁺	bdl	bdl	0.002	0.002	0.002	0.002
Zn ²⁺	bdl	bdl	bdl	bdl	0.003	0.002
Celkem	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ilm	86.2	86.2	81.3	82.6	83.8	83.8
Gei	9.2	6.3	2.8	2.2	4.2	4.3
Prp	1.8	3.7	0.8	0.6	0.2	0.3
Per	0.2	0.7	3.0	3.1	2.5	2.3
Hem	2.7	3.0	11.5	10.9	8.5	8.6

Tabulka 5 Příklady chemického složení titanitu z diabasu (Dbs) a hydrotermálních žilek (HŽ) z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty apfu a rozpočet Fe jsou kalkulovány na základ 3 kationtů na vzorcovou jednotku. bdl - pod mezí stanovitelnosti

An. č.	1	2	3	4	5	6
Vzorek	Dbs	Dbs	HŽ	HŽ	HŽ	HŽ
P ₂ O ₅	bdl	0.12	0.07	0.06	0.08	bdl
SiO ₂	30.87	31.10	30.54	30.33	31.08	30.66
TiO ₂	36.37	37.85	37.73	35.37	38.02	35.87
ZrO ₂	bdl	0.10	0.18	0.07	bdl	0.09
Al ₂ O ₃	1.74	1.17	0.93	2.58	1.27	2.66
Fe ₂ O ₃	1.31	0.91	0.54	0.93	0.42	0.70
Sc ₂ O ₃	bdl	0.05	0.17	bdl	0.05	bdl
Y ₂ O ₃	0.07	bdl	0.20	bdl	bdl	bdl
Ce ₂ O ₃	0.10	0.18	0.25	0.11	0.18	0.14
CaO	28.88	29.05	28.54	28.67	28.88	29.10
F	0.55	0.39	0.26	0.96	0.50	0.91
O=F	-0.23	-0.16	-0.11	-0.40	-0.21	-0.38
Celkem	99.66	100.76	99.31	98.68	100.27	99.75
P ⁵⁺	bdl	0.003	0.002	0.002	0.002	bdl
Si ⁴⁺	1.003	1.003	1.001	0.994	1.007	0.993
Subtot.	1.003	1.006	1.003	0.996	1.009	0.993
Ti ⁴⁺	0.889	0.918	0.931	0.872	0.926	0.874
Zr ⁴⁺	bdl	0.002	0.003	0.001	bdl	0.001
Al ³⁺	0.067	0.044	0.036	0.100	0.048	0.102
Fe ³⁺	0.032	0.022	0.013	0.023	0.010	0.017
Sc ³⁺	bdl	0.001	0.005	bdl	0.001	bdl
Subtot.	0.988	0.988	0.988	0.996	0.987	0.995
Y ³⁺	0.001	bdl	0.003	bdl	bdl	bdl
Ce ³⁺	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002
Ca ²⁺	1.006	1.004	1.003	1.007	1.002	1.010
Subtot.	1.008	1.006	1.009	1.008	1.004	1.012
F ⁻	0.057	0.040	0.027	0.100	0.051	0.093

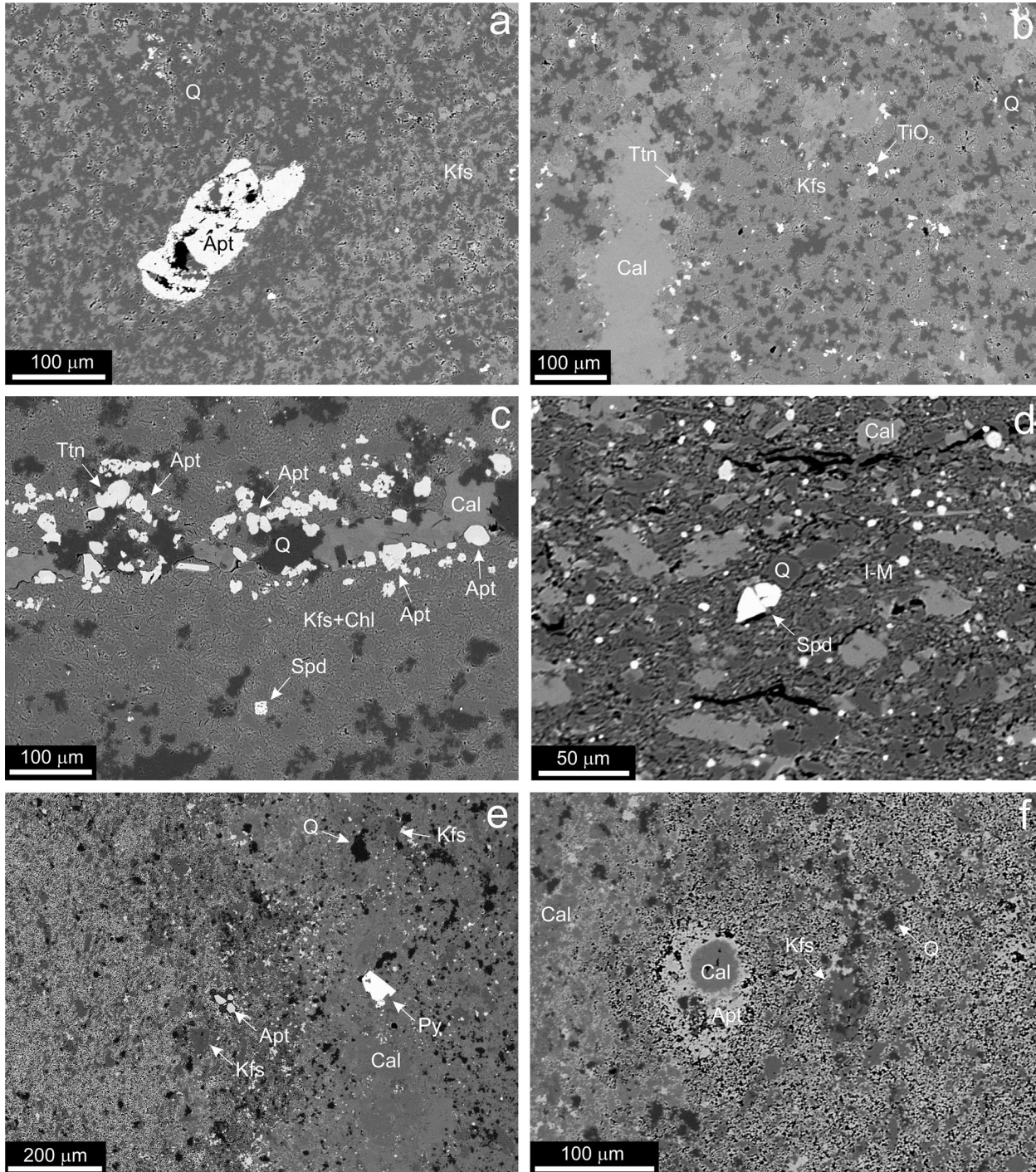
Tabulka 6 Příklady chemického složení chloritu z diabasu z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty apfu jsou kalkulovány na základ 14 atomů kyslíku na vzorcovou jednotku. bdl - pod mezí stanovitelnosti, F/FM = Fe²⁺/(Fe²⁺+Mg), T₁ - chloritový termometr (°C) podle Kranidiotise a MacLeana (1987)

An. č.	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
P ₂ O ₅	0.13	bdl	bdl	0.09	0.08	0.13	P ⁵⁺	0.011	bdl	bdl	0.008	0.007	0.011
SiO ₂	33.16	33.59	33.00	33.89	37.07	35.64	Si ⁴⁺	3.431	3.509	3.501	3.526	3.732	3.631
TiO ₂	0.12	0.32	0.20	0.06	0.05	0.24	Ti ⁴⁺	0.009	0.025	0.016	0.005	0.004	0.018
Al ₂ O ₃	12.53	12.73	11.83	11.73	11.39	11.29	Al ³⁺	1.528	1.568	1.479	1.438	1.352	1.356
V ₂ O ₃	0.21	0.15	bdl	0.10	bdl	0.06	V ³⁺	0.017	0.013	bdl	0.008	bdl	0.005
MgO	17.01	15.16	12.59	16.27	15.76	15.49	Mg ²⁺	2.624	2.361	1.991	2.523	2.365	2.352
MnO	0.18	0.19	0.36	0.14	0.24	0.21	Mn ²⁺	0.016	0.017	0.032	0.012	0.020	0.018
FeO	24.04	23.92	29.15	24.76	23.43	25.27	Fe ²⁺	2.080	2.090	2.587	2.154	1.973	2.153
CaO	0.31	0.71	1.05	0.51	1.02	0.76	Ca ²⁺	0.034	0.079	0.119	0.057	0.110	0.083
Na ₂ O	0.19	bdl	0.12	bdl	bdl	0.25	Na ⁺	0.038	bdl	0.025	bdl	bdl	0.049
K ₂ O	bdl	0.21	0.07	0.04	0.24	0.04	K ⁺	bdl	0.028	0.009	0.005	0.031	0.005
Celkem	87.88	86.98	88.37	87.59	89.28	89.38	Catsum	9.789	9.690	9.760	9.737	9.594	9.681
							F/FM	0.44	0.47	0.57	0.46	0.45	0.48
							T ₁	110	105	113	102	79	91

Sedimenty

Sedimenty jsou rovněž významnou komponentou horninového prostředí na lokalitě. Makroskopicky jde většinou o málo pevné, střípkovitě či břidličnatě rozpadavé, zpravidla jemně (avšak barevně nekontrastně) laminované usazené horniny charakteru jílovců (místy jílových břidlic) až prachovců šedé až černé barvy, které pro jednoduchost v dalším textu shrnujeme pod výraz

břidlice. Lokálně obsahují shluky pyritu (často limonitizovaného), případně kalcitové žilky. Ve vyšší části vrstevního sledu (v nadloží tělesa vulkanitu) mohou obsahovat i bochníkovité uzavřeniny kalových vápenců o velikosti do 30 cm. V mikroměřítku je matrice sedimentů vždy více nebo méně rekrystalovaná. Zatímco u termicky nejméně alterovaných vzorků lze konstatovat přítomnost shluků rekrystalovaného křemene společně se slabě rekrysta-



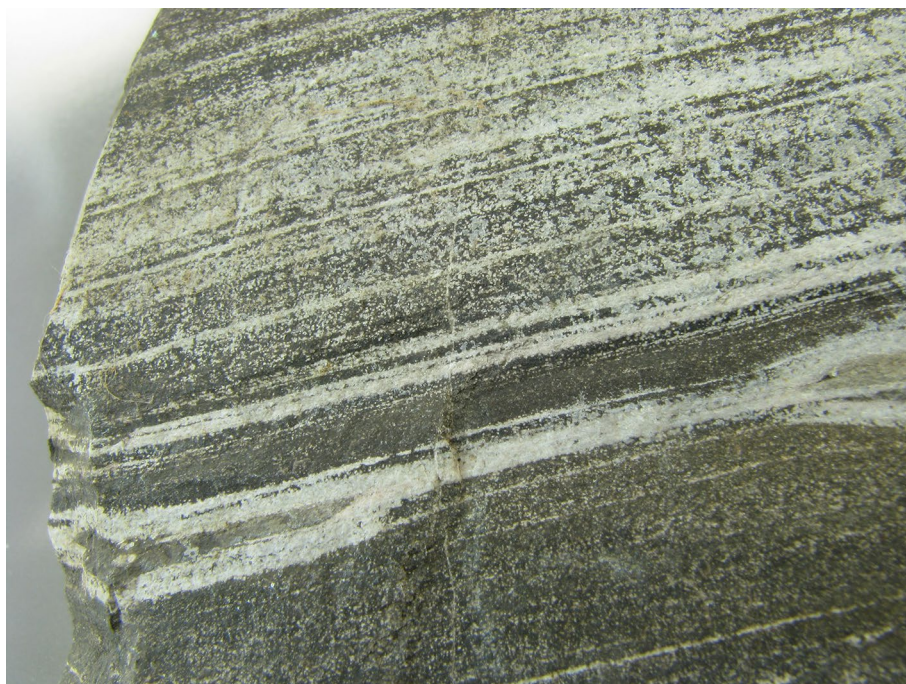
Obr. 5 Stavba a minerální asociace (meta)sedimentů z lokality Vyskočilka na BSE snímcích. a - porfyroblast apatitu (Apt) v kontaktně metamorfované břidlici, tvořené křemenem (Q) a K-živcem (Kfs). b - kontaktně metamorfovaná břidlice, tvořená křemenem, K-živcem, kalcitem (Cal), titanitem (Ttn) a blíže neurčeným TiO_2 minerálem (TiO_2). c - kontaktně metamorfovaná břidlice, tvořená křemenem, K-živcem, kalcitem, titanitem, apatitem, chloritem (Chl) a chromspineliem (Spd). d - prakticky nemetamorfovaný laminit, tvořený illit-muskovitem (I-M), křemenem, kalcitem a chromspineliem. e - rozhraní lamin s kontrastním minerálním složením v termicky přeměněném laminitu, vlevo lamina bohatá na apatit jemně prorostlý s Ti-minerály (světlé), vpravo lamina bohatá kalcitem. f - detail partie bohaté na apatit v laminitu: křemen-K-živec-kalcitová matrice je bohatě prostoupena jemnozrnným apatitem. Všechny snímky Z. Dolníček.

lovanou jílovou složkou (podle EDS spekter odpovídá její složení illitu či muskovitu, někdy v jemných srůstech s pravděpodobně Fe-Mg-Al chloritem; kvantitativní analýzy nebyly vzhledem k jemnozrnnosti fází provedeny), u vzorků odebraných v blízkosti (podložního) kontaktu s tělesem *diabasu* je hornina zcela přeměněná a tvořená výhradně jen xenomorfně omezenými shluky zrn křemene a draselného živce, někdy s malým množstvím albitu a chloritu (obr. 5a-c). Místy se v obou typech hornin vyskytují i drobné shluky zrn či ložní čočky kalcitu (obr. 5b). Běžné akcesorie těchto hornin představují TiO_2 fáze, titanit, Fe-oxidické fáze, zirkon a fluorapatit. Posledně jmenovaná fáze ojediněle vytváří i větší shluky (až 150 μm velké; obr. 5a) a místo od místa vykazuje proměnlivý chemismus - největší agregát má zvýšené obsahy Cl (0.10 - 0.29 *apfu*), LREE (0.012 - 0.051 *apfu*), Si (≤ 0.090 *apfu*), S (≤ 0.022 *apfu*) (analýzy 3 - 6 v tab. 3), zatímco jiná zrna S vůbec neobsahují a další výše zmíněné prvky jsou zastoupeny v podstatně nižších koncentracích (analýza 7 v tab. 3).

Zajímavý litotyp byl zaznamenán v ojedinělých úlomcích o velikosti až 10 cm, sbíraných pouze v sutí pod skálou. Jde o horninu nápadně tence vrstevnatou, v níž se od sebe jednotlivé laminy, dosahující mocnosti do 1 mm, barevně vzájemně výrazně liší (tmavošedá vs. šedobílá; obr. 6). Pracovně tuto horninu tedy označujeme jako laminit. Jak ukázalo podrobnější studium na mikrosondě, i z pohledu minerálního složení jde o odlišnou horninu v porovnání s výše charakterizovanými majoritními sedimenty. Hlavními složkami jsou křemen, K-živec, illit-muskovit, apatit a kalcit. Méně hojně jsou výskyty albitu, Fe-oxidických fází (včetně analyticky doloženého goethitu), Ti-fáze, drobné inkluze tvoří pyrit a sfalerit. U pokročile rekrystalizovaných vzorků nebyly zjištěny žádné prokazatelné reliktní sedimentární stavby s výjimkou primární vrstevnatosti (resp. laminace), která do značné míry respektuje rozdíly v minerálním složení. Výše zmíněné minerály se v různých kombinacích a kvantitativních proporcích podílejí na složení jednotlivých lamin. Většina z nich je přítomna v rekrystalizovaných agregátech, složených z xenomorfně omezených minerálních zrn

izometrického tvaru. Xenomorfně omezená izometrická zrna draselného živce ($\text{Or}_{95-98}\text{Ab}_{0-3}\text{An}_{0-1}$; analýzy 8 - 9 v tab. 1) v silněji kontaktně-metamorfně ovlivněných vzorcích substituují illit-muskovit, který je přítomen naopak v nemetamorfovaných (či velmi slabě metamorfovaných) vzorcích (obr. 5d-f). Apatit se v největším množství vyskytuje v rozsáhlých drobnozrnných agregátech s kalcitem a „pigmentem“ Ti-minerálu (obr. 5e-f). Chemicky odpovídá tento apatit fluorapatitu (0.56 - 0.68 *apfu* F) s jen malými příměsemi S, Si, a Fe (většinou do 0.02 *apfu*). Nízký je i obsah Cl (0.02 - 0.04 *apfu*). Systematicky snížené sumy analýz (93 - 95 hm. %) nasvědčují zvýšené porozitě tohoto minerálu. Menší část apatitu vytváří v kalcitem bohaté horninové matrici okrouhlé shluky zrn (s náběhem k automorfnímu vývinu), pojené kalcitem (obr. 7a). Tento apatit je rovněž tvořen fluorapatitem (0.63 - 0.85 *apfu* F), v tomto případě ovšem s dobrou stechiometrií (tj. bez uhlíku), dobrými analytickými sumami a většinou i homogenně zvýšeným obsahem Cl (0.12 - 0.15 *apfu*; tab. 3, analýzy 10 - 12). Jedna analýza z centra jednoho zrna tvořeného majoritním fluorapatitem se zvýšeným Cl (obr. 7a) má obsah Cl jen zanedbatelný (0.029 *apfu*; tab. 3, analýza 13). Drobné fluorapatity s podobně nízkým Cl (tab. 3, analýza 14) se vyskytují i samostatně v jiných partiích téhož vzorku laminitu. Kalcit (vždy bez Mg, s max. 0.008 *apfu* Mn, max. 0.005 *apfu* Fe a max. 0.003 *apfu* S) byl v některých partiích vzorku zvětrávacími procesy zcela vyloučen, díky čemuž má pak hornina jemně porézní stavbu (obr. 5f). Velmi jemnozrnný Ti minerál zčásti intimně srůstá s apatitem, takže se jej nepodařilo identifikovat ani mikrosondou; vzhledem k ne příliš výrazné korelaci obsahů Ti a Si v získaných „směsných“ analýzách však nelze vyloučit, že by mohlo jít alespoň zčásti o titanit. V jiných partiích vzorku byl bezpečně potvrzen titanit a také blíže neurčená TiO_2 fáze.

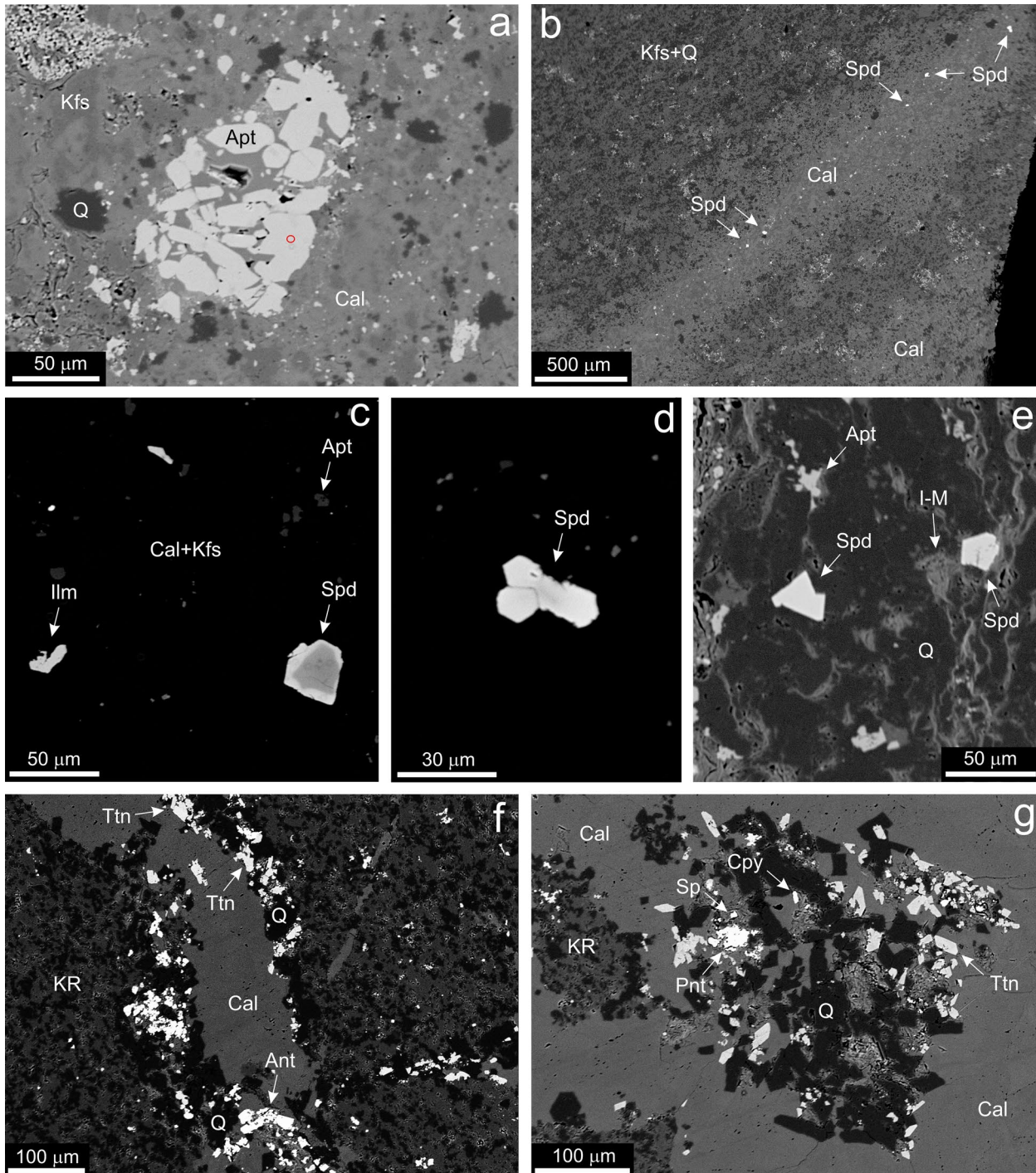
Zajímavou minoritní komponentou popisovaných sedimentů jsou chromspinelidy. Zatímco v běžných břidlicích jsou poměrně vzácné, ve výše charakterizovaném laminitu jsou mnohem častější. Většinou vytvářejí jednotlivé izometrické krystaly o velikosti do 50 μm omezené vlastními krystalovými plochami (obr. 5c-d, 7b-e),



Obr. 6 Laminit z Vyskočilký s barevně kontrastními lamínami s odlišným minerálním složením. Šířka záběru 5 cm. Foto D. Velebil.

nebo jde o ostrohranné úlomky těchto krystalů, jejichž lomné plochy nejsou nijak zaoblené transportem. Ojedinelé se vyskytly i rostlice několika krystalů (obr. 7d). Zrna spinelidů bývají někdy nakoncentrována v určitých laminách (obr. 7b). Nikdy kolem nich nebyl pozorován

lem či „obal“ s odlišným minerálním složením. V BSE obraze jsou zrna spinelidů často zřetelně zonální. Jádra jsou tmavší, okraje světlejší (obr. 7c), přičemž přechod mezi nimi může být relativně ostrý i pozvolný (difúzní). Nebyly pozorovány žádné přeměny spinelidů, ani znám-



Obr. 7 Stavba a minerální asociace (meta)sedimentů a hydrotermálních žil z lokality Vyskočilka na BSE snímcích. a - shluk zrn apatitu (Apt) v kontaktně metamorfovaném laminitu, tvořeném křemenem (Q), K-živcem (Kfs) a kalcitem (Cal). Apatit má homogenně zvýšené obsahy Cl (0.12 - 0.15 apfu) vyjma místa označeného červeným kroužkem, kde bylo naměřeno jen 0.03 apfu Cl. b - kalcitem bohatá lamina v kontaktně metamorfovaném laminitu, obsahující četná zrna chromspinelidů (Spd). c - ilmenit (Ilm) a zonální chromspinelid v kontaktně metamorfovaném laminitu. d - rostlice automorfně omezených krystalů chromspinelidu v kontaktně metamorfovaném laminitu. e - automorfně omezené krystaly chromspinelidu v slabě rekrystalované břidlici. f - kontaktně metamorfovaná břidlice tvořená hlavně křemenem a K-živcem (KR) protínaná hydrotermální žilkou obsahující křemen, titanit (Ttn), anatase (Ant) a kalcit. g - úlomky kontaktně metamorfované břidlice (KR) v hydrotermální žile, obrůstané křemenem, titanitem a kalcitem. Minoritní složkou asociace jsou sulfidy (Sp - sfalerit, Cpy - chalkopyrit, Pnt - pentlandit). Foto e J. Ulmanová, ostatní snímky Z. Dolníček.

ky jejich výraznější koroze související s rekrystalizací minerálních fází hostitelských sedimentů. Podrobně bylo studováno chemické složení spinelidů; celkem bylo poríženo 64 bodových WDS analýz. Velká většina je jich z laminitů, pouze 14 analýz pochází z „normálních“ břidlic. Chemické složení je poměrně značně variabilní, i když jde ve všech případech o chromem bohaté spinelidy, většinou s dosti vysokým obsahem Ti. Klasifikačně jsou nejčastěji zastoupeny chromity ($\text{Chr}_{30-45}\text{Mgt}_{4-33}\text{Spl}_{4-27}\text{Hrc}_{0-28}\text{Ulv}_{2-23}\text{Ghn}_{1-7}\text{Gal}_{0-3}\text{Cls}_{0-2}\text{Jcb}_{0-2}\text{Mch}_{0-1}\text{Trv}_{0-1}$; $n = 45$), méně magnetity ($\text{Mgt}_{31-47}\text{Chr}_{22-35}\text{Ulv}_{7-24}\text{Spl}_{0-22}\text{Jcb}_{0-9}\text{Hrc}_{0-8}\text{Mch}_{0-5}\text{Ghn}_{0-4}\text{Cls}_{1-3}\text{Gal}_{0-3}\text{Fra}_{0-3}\text{Trv}_{0-1}$; $n = 14$) a nejméně spinely ($\text{Spl}_{32-40}\text{Chr}_{29-31}\text{Mgt}_{14-16}\text{Ulv}_{8-11}\text{Mch}_{4-11}\text{Jcb}_{1-1}$

$\text{Cls}_{1}\text{Ghn}_{0-1}$; $n = 5$). V laminitu jsou přítomny hlavně chromity, méně magnetity, zatímco v břidlicích jsou spinely, chromity i magnetity. V BSE obraze tmavší jádra krystalů jsou bohatší Mg a Cr, kdežto v BSE obraze světlejší okraje obsahují více Fe a někdy i Ti.

V laminitu byla zjištěna i přítomnost ilmenitu v podobě hypautomorfně až xenomorfně omezených izolovaných zrn o velikosti až 30 μm (obr. 7c). V BSE obraze nejsou zonální a rovněž nejeví známky koroze či přeměn. V porovnání s ilmenity z *diabasu* se jejich chemismus vyznačuje nižším obsahem geikielitové a většinou i pyrofanitové složky a zvýšenými podíly hematitové a perovskitové komponenty ($\text{Ilm}_{80-85}\text{Gei}_{1-4}\text{Prp}_{0-8}\text{Hem}_{3-12}\text{Per}_{2-5}$).

Tabulka 7 Příklady chemického složení chromspinelidů (*Chr* - chromit, *Mgt* - magnetit, *Spl* - spinel) z laminitu (*Lmt*) a z běžných břidlic (*B*) z lokality Vyskočilka. Obsahy oxidů v hm. %, hodnoty apfu a rozpočet železa jsou kalkulovány na základ 4 atomů kyslíku a 3 kationtů na vzorcovou jednotku, obsahy koncových členů v mol. %. bdl - pod mezí stanovitelnosti

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Hornina	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	B	Lmt	B	Lmt	Lmt	Lmt	B	B
Minerál	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr
SiO ₂	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.83	0.21	bdl	bdl	0.40	bdl
TiO ₂	7.42	1.88	4.15	4.89	7.38	2.90	7.97	8.62	1.11	6.32	4.31	5.61	1.87	3.87
Al ₂ O ₃	8.57	25.97	17.65	13.02	8.15	21.51	12.15	11.95	25.74	9.79	6.24	3.22	19.78	19.64
V ₂ O ₃	1.35	0.26	0.55	0.68	1.48	0.39	0.85	0.88	0.39	0.87	0.88	1.38	0.56	0.56
Cr ₂ O ₃	21.04	25.88	24.42	24.69	24.51	27.83	26.74	28.70	29.95	27.60	27.73	27.88	32.38	33.65
Fe ₂ O ₃	21.12	11.31	15.48	19.13	19.24	10.88	11.60	9.63	4.48	16.21	24.02	24.37	9.20	3.97
MgO	0.75	5.66	1.73	1.38	1.41	3.24	2.32	4.77	2.87	2.29	1.39	0.82	2.66	2.42
CaO	0.86	0.26	0.51	0.55	0.44	0.34	bdl	0.19	0.09	0.46	0.62	0.79	0.07	0.09
MnO	1.05	0.18	0.20	0.24	0.19	0.20	0.16	0.30	0.40	0.20	0.18	0.14	0.39	0.34
FeO	34.45	27.51	33.17	33.63	35.64	30.89	35.43	32.95	30.13	33.64	31.88	33.44	30.53	31.76
CoO	0.10	0.08	bdl	0.09	bdl	0.08	bdl	bdl	0.10	0.07	0.06	bdl	0.08	0.07
NiO	0.24	0.11	0.21	0.21	0.19	0.13	0.16	bdl	0.26	0.17	0.19	0.18	0.29	0.25
ZnO	1.38	0.93	1.55	1.40	0.99	1.26	1.44	0.28	2.69	0.88	1.03	1.06	2.11	2.17
Celkem	98.33	100.03	99.62	99.91	99.62	99.65	98.82	98.27	99.04	98.71	98.53	98.89	100.32	98.79
Si ⁴⁺	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.027	0.007	bdl	bdl	0.013	bdl
Ti ⁴⁺	0.203	0.045	0.107	0.129	0.199	0.072	0.211	0.225	0.027	0.169	0.119	0.157	0.047	0.099
Al ³⁺	0.368	0.978	0.712	0.537	0.345	0.842	0.504	0.488	0.994	0.411	0.270	0.141	0.778	0.785
V ³⁺	0.039	0.007	0.015	0.019	0.043	0.010	0.024	0.024	0.010	0.025	0.026	0.041	0.015	0.015
Cr ³⁺	0.606	0.654	0.661	0.683	0.695	0.731	0.744	0.787	0.776	0.777	0.804	0.821	0.855	0.902
Fe ³⁺	0.579	0.272	0.399	0.504	0.519	0.272	0.307	0.251	0.110	0.434	0.663	0.683	0.231	0.101
Mg ²⁺	0.041	0.269	0.088	0.072	0.075	0.160	0.122	0.246	0.140	0.122	0.076	0.046	0.132	0.122
Ca ²⁺	0.034	0.009	0.019	0.021	0.017	0.012	bdl	0.007	0.003	0.018	0.024	0.032	0.003	0.003
Mn ²⁺	0.032	0.005	0.006	0.007	0.006	0.006	0.005	0.009	0.011	0.006	0.006	0.004	0.011	0.010
Fe ²⁺	1.050	0.735	0.949	0.984	1.069	0.858	1.042	0.955	0.826	1.002	0.978	1.041	0.853	0.900
Co ²⁺	0.003	0.002	bdl	0.003	bdl	0.002	bdl	bdl	0.003	0.002	0.002	bdl	0.002	0.002
Ni ²⁺	0.007	0.003	0.006	0.006	0.005	0.003	0.005	bdl	0.007	0.005	0.006	0.005	0.008	0.007
Zn ²⁺	0.037	0.022	0.039	0.036	0.026	0.031	0.037	0.007	0.065	0.023	0.028	0.029	0.052	0.054
Catsum	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cls	2.0	0.3	0.8	1.0	2.1	0.5	1.2	1.2	0.5	1.2	1.3	2.1	0.7	0.8
Trv	0.7	0.3	0.6	0.6	0.5	0.3	0.5	0.0	0.7	0.5	0.6	0.5	0.8	0.7
Ulv	20.3	4.5	10.7	12.9	19.9	7.2	21.1	22.5	2.7	16.9	11.9	15.7	4.7	9.9
Ghn	3.7	2.2	3.9	3.6	2.6	3.1	3.7	0.7	6.5	2.3	2.8	2.9	5.2	5.4
Gal	3.2	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.0	1.1	0.6	0.6	0.0	1.1	1.0
Spl	4.1	26.9	8.8	7.2	7.5	16.0	12.2	23.7	14.0	12.2	7.6	4.2	13.2	12.2
Hrc	7.4	19.3	22.3	15.3	6.5	22.4	8.8	0.0	28.1	5.5	2.5	0.0	19.4	20.6
Mgt	28.3	13.3	19.4	24.6	25.4	13.2	14.9	11.7	4.8	21.2	32.6	33.2	10.8	4.4
Jbs	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
Chr	30.3	32.7	33.0	34.2	34.8	36.5	37.2	38.4	38.8	38.8	40.2	40.6	42.7	45.1
Mch	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
Celkem	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	99.3	100.0	100.0	98.7	100.0

Hydrotermální mineralizace

Hydrotermální žilky jsou na lokalitě velmi časté, a to zejména v sedimentech. Dosahují mocnosti až 10 cm. Jejich směrný průběh i sklon bývají značně proměnlivé i v rámci jedné a téže žíly. V jejich výplni zcela převažuje zrnitý kalcit bílé, ojediněle nahnědlé barvy, někdy doprovázený drcenou okolní horninou. Část kalcitu obsahuje ve fluidních inkluzích uhlovodíky, čemuž nasvědčuje naftový zápach, který kalcit vydává při rozbíjení či roztržení. Vedle kalcitu byly při podrobnějším studiu nábrusů v malém množství zjištěny i další minerály. Drobné ploché krystaly hnědého až černohnědého křemene (opět s uzavřeninami uhlovodíků) narůstají jako nejstarší minerál na stěny žil.

Pestřejší minerální asociace s titanitem, anatasem a sulfidy byla nalezena v brekciovitě partii hydrotermální žíly situované v bezprostředním podloží *diabasové* žíly. Jednotlivé krystaly či nepravidelná zrna zmíněných minerálů zde narůstají na drobné krystaly křemene, povlékající úlomky kontaktního rohovce (obr. 7f-g). Zbýlé volné prostory jsou vyplněny kalcitem bez obsahu uhlovodíků.

Titanit byl zaznamenán v podobě hojných jednotlivých psaníčkovitých, automorfně omezených krystalů o velikosti až 20 μm (obr. 7f-g). V BSE obraze je nezonální. Jeho chemické složení (tab. 5, analýzy 3 - 6) se vyznačuje slabě zvýšenými obsahy Al (0.036 - 0.102 *apfu*), Fe (0.008 - 0.023 *apfu*), LREE (0.001 - 0.003 *apfu* Ce) a F (0.027 - 0.100 *apfu*). Mezi obsahy Al a F je přímá úmě-

Tabulka 7 - pokračování

An. č.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Hornina	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	Lmt	B	B	B	B	B	B
Minerál	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Mgt	Spl	Spl	Spl	Spl
SiO ₂	0.76	0.08	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.11	bdl	0.13	0.28
TiO ₂	5.26	5.65	5.19	7.29	6.92	7.69	7.72	8.44	2.72	2.76	3.29	4.34	3.31	4.44
Al ₂ O ₃	0.69	0.41	2.80	2.48	3.93	2.86	4.29	1.97	16.56	16.45	21.54	16.93	21.77	16.98
V ₂ O ₃	1.47	1.33	1.02	1.07	1.01	1.57	1.52	1.72	0.56	0.46	0.41	0.63	0.37	0.64
Cr ₂ O ₃	17.31	20.67	25.03	23.61	23.42	19.59	22.16	17.31	20.67	20.99	27.89	31.26	28.10	31.06
Fe ₂ O ₃	35.94	34.74	28.81	26.23	25.49	28.36	24.66	30.30	24.94	24.86	13.67	12.81	13.19	11.98
MgO	0.74	0.48	1.18	0.75	0.73	0.62	0.77	0.12	4.30	4.43	9.60	8.68	9.38	8.85
CaO	1.34	2.62	0.93	0.84	0.86	1.04	0.59	1.09	bdl	bdl	0.03	bdl	0.03	bdl
MnO	0.93	1.35	0.20	0.17	0.32	1.32	0.23	2.76	0.26	0.28	0.20	0.25	0.24	0.22
FeO	31.75	29.91	32.12	34.64	34.37	33.63	35.80	32.97	28.78	29.09	23.32	24.62	23.59	24.78
CoO	0.10	bdl	0.06	0.06	bdl	bdl	0.07	0.07	0.10	0.10	bdl	0.06	0.07	bdl
NiO	0.22	0.24	0.17	0.20	0.20	0.25	0.19	0.28	bdl	bdl	0.11	bdl	0.16	0.08
ZnO	0.89	1.09	0.85	0.99	1.08	1.10	0.91	1.69	1.14	0.58	0.13	0.19	0.21	0.17
Celkem	97.40	98.57	98.36	98.33	98.33	98.03	98.91	98.72	100.03	100.00	100.30	99.77	100.55	99.48
Si ⁴⁺	0.029	0.003	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.003	bdl	0.004	0.009
Ti ⁴⁺	0.152	0.161	0.146	0.206	0.194	0.218	0.215	0.240	0.069	0.070	0.078	0.106	0.079	0.109
Al ³⁺	0.031	0.018	0.124	0.110	0.173	0.127	0.187	0.088	0.660	0.655	0.803	0.651	0.810	0.653
V ³⁺	0.045	0.040	0.031	0.032	0.030	0.047	0.045	0.052	0.015	0.012	0.010	0.016	0.009	0.017
Cr ³⁺	0.525	0.620	0.741	0.702	0.692	0.584	0.649	0.518	0.552	0.561	0.698	0.806	0.702	0.801
Fe ³⁺	1.037	0.992	0.812	0.743	0.716	0.805	0.688	0.862	0.634	0.632	0.325	0.314	0.313	0.294
Mg ²⁺	0.042	0.027	0.066	0.042	0.041	0.035	0.043	0.007	0.217	0.223	0.453	0.422	0.442	0.430
Ca ²⁺	0.055	0.107	0.037	0.034	0.034	0.042	0.023	0.044	bdl	bdl	0.001	bdl	0.001	bdl
Mn ²⁺	0.030	0.043	0.006	0.005	0.010	0.042	0.007	0.088	0.007	0.008	0.005	0.007	0.006	0.006
Fe ²⁺	1.018	0.949	1.006	1.090	1.074	1.061	1.110	1.043	0.814	0.822	0.617	0.671	0.623	0.676
Co ²⁺	0.003	bdl	0.002	0.002	bdl	bdl	0.002	0.002	0.003	0.003	bdl	0.002	0.002	bdl
Ni ²⁺	0.007	0.007	0.005	0.006	0.006	0.008	0.006	0.009	bdl	bdl	0.003	bdl	0.004	0.002
Zn ²⁺	0.025	0.031	0.024	0.028	0.030	0.031	0.025	0.047	0.028	0.014	0.003	0.005	0.005	0.004
Catsum	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cl _s	2.3	2.0	1.5	1.6	1.5	2.4	2.3	2.6	0.8	0.6	0.5	0.8	0.5	0.8
Tr _v	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6	0.8	0.6	0.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.4	0.2
U _{lv}	15.2	16.1	14.6	20.6	19.4	21.8	21.5	24.0	6.9	7.0	7.8	10.6	7.9	10.9
G _{hn}	1.6	0.9	2.4	2.8	3.0	2.9	2.5	4.4	2.8	1.4	0.3	0.5	0.5	0.4
G _{al}	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
S _{pl}	0.0	0.0	3.8	2.2	4.1	3.5	4.3	0.0	21.7	22.3	39.9	32.1	40.0	32.2
H _{rc}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.9	0.0	7.7	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0
F _{ra}	1.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M _{gt}	47.2	42.4	39.5	36.5	35.2	35.1	33.8	33.1	31.7	31.6	15.5	15.0	14.6	13.9
J _{bs}	3.0	4.3	0.6	0.0	0.0	4.2	0.0	8.8	0.0	0.0	0.5	0.7	0.6	0.6
C _{hr}	22.0	28.3	34.3	33.1	34.6	29.2	32.5	25.2	27.6	28.0	29.5	30.2	30.9	29.2
M _{ch}	4.2	2.7	2.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	5.4	10.1	4.1	10.8
Celkem	97.1	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	100.0	99.6	99.1

ra 1:1 (obr. 9), nasvědčující uplatnění obvyklé substituce $AlFSi_{-1}O_{-1}$. V porovnání s tím lze konstatovat u titanitů z *diabas* o cca 20 % nižší obsahy F oproti Al (obr. 9), svědčící o tom, že *diabas* představoval oproti sedimentům fluorem chudší minerogenetické prostředí.

Anatas vytváří izolovaná, xenomorfně až hypautomorfně omezená zrna o velikosti do 20 μm ve společnosti krystalů křemene a titanitu (obr. 7f). V jeho chemickém složení vystupuje řada minoritních prvků, zejména V (0.007 - 0.015 *apfu*), Ca (0.009 - 0.011 *apfu*), méně Si (0.002 - 0.006 *apfu*), Fe (0.004 *apfu*) a ve stopách i dalších kovů (max. 0.002 *apfu* Nb, Cr, Sc, Zr). Identita byla ověřena pomocí Ramanovy spektroskopie. Získaná spektra s nejsilnějšími pásy při 130 a 149 cm^{-1} a středně intenzivními pásy při 394, 513 a 636 cm^{-1} podle referenčních spekter v databázi RRUFF jednoznačně odpovídají anatasu.

Sulfidy jsou reprezentovány pyritem, pentlanditem, chalkopyritem a sfaleritem (obr. 7g). Pyrit je v dané žilce poměrně vzácný, vytváří hypautomorfní kostrovité krystaly o velikosti do 20 μm narůstající spolu s křemenem na okolní horninu. Vyskytl se mimo agregáty ostatních sulfidů, takže jeho vztah k nim zůstává nejasný. WDS analýzy (tab. 8, analýzy 1 - 2) zjistily vedle hlavních komponent i malé příměsi Sb (0.002 - 0.004 *apfu*) a Pb (0.001 *apfu*). Pentlandit byl zjištěn jen v jediném zrně nepravidelného tvaru o velikosti 15 μm , po obvodě nepravidelně obrůstánem chalkopyritem a sfaleritem. Dvě bodové analýzy (tab. 8, analýzy 3 - 4) ukázaly mírnou převahu Ni nad Fe a také zvýšené obsahy Co (0.49 a 0.63 *apfu*), Cu (0.04 a 0.48 *apfu*), V (0.02 a 0.14 *apfu*) a Pb (0.006 *apfu*). Chalkopyrit představuje nejběžnější sulfidickou fází v dané žilce. Obvykle je v asociaci se sfaleritem, který je vůči němu

mladší. Vytváří xenomorfně omezená zrna o velikosti do 20 μm . V BSE obraze je nezonální. WDS analýzy (tab. 8, analýzy 5 - 9) ukázaly zajímavý chemismus, charakterizovaný zvýšenými obsahy Zn (0.003 - 0.028 *apfu*) a většinou i Co (0.002 - 0.052 *apfu*), Ni (0.002 - 0.057 *apfu*), V (0.001 - 0.024 *apfu*) a Pb (0.001 - 0.002 *apfu*). Sferalit často obrůstá a zatlačuje chalkopyrit, jeho izolovaná zrna dosahují velikosti do 15 μm . V BSE obraze je sferalit někdy slabě skvrnitě zonalní. Zonalita je způsobena variabilními příměsemi Fe (0.10 - 0.17 *apfu*), Cu (0.05 - 0.12 *apfu*), méně i Cd (0.005 - 0.007 *apfu*) a V (max. 0.009 *apfu*; tab. 8, analýzy 10 - 14).

Diskuse

Lokalita Vyskočilka byla objektem zájmu mineralogů zejména v minulém a předminulém století. Autorům tohoto pojednání není známo, že by na lokalitě, respektive na materiálu odebraném z této lokality, byly realizovány nějaké novější práce s využitím pokročilejších instrumentálních mineralogických metod. Naše podrobnější mineralogické studium několika nově odebraných vzorků, provedené pomocí elektronové mikrosondy, přineslo zajímavé nové údaje i z nich plynoucí interpretace a závěry ke genezi a geologickému vývoji.

Diabas

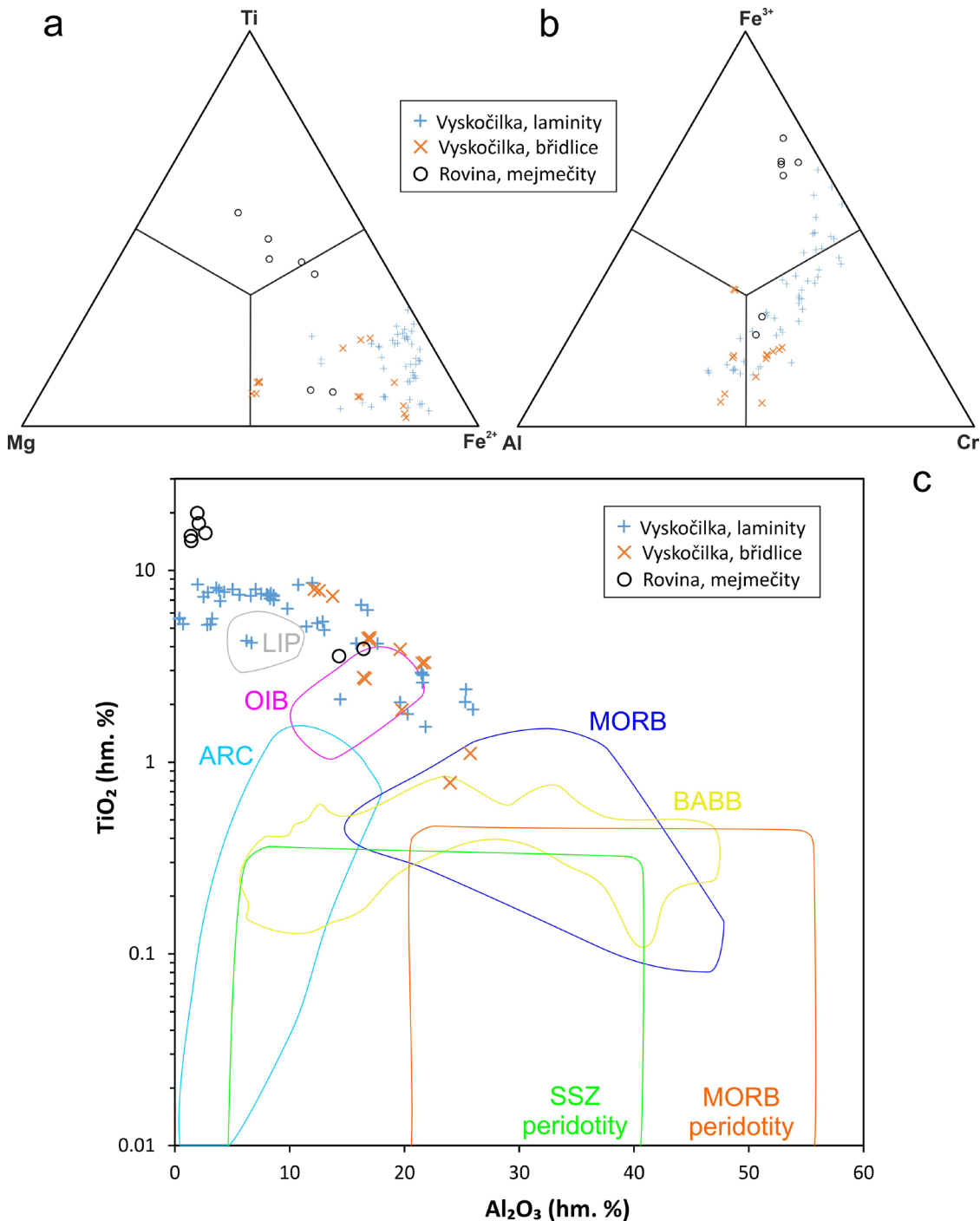
Novými pracemi bylo ověřeno minerální složení vyvřelé horniny, která je ve starší literatuře označována jako *diabas*. Bezpochyby šlo původně o relativně hrubozrnnou horninu s bazickou afinitou, avšak vzhledem k velmi intenzivní postmagmatické alteraci lze podle našeho názoru dnes jen opatrně hodnotit její původní charakter. Objemově dominantní labradorit (v rámci sumy „magma-

Tabulka 8 Příklady chemického složení sulfidů (Py - pyrit, Pnt - pentlandit, Cpy - chalkopyrit, Sp - sfalerit) z mineralogicky nejpestřejší hydrotermální žíly z lokality Vyskočilka. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou kalkulovány na základě uvedených hodnoty apfu na vzorcovou jednotku. bdl - pod mezí stanovitelnosti

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	Py	Py	Pnt	Pnt	Cpy	Cpy	Cpy	Cpy	Cpy	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
Fe	46.23	46.43	26.78	26.85	30.36	30.54	30.28	27.84	32.54	8.11	9.69	7.71	5.91	6.65
Co	0.04	bdl	3.69	4.66	0.21	0.21	0.35	1.66	0.12	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Ni	bdl	bdl	35.44	29.41	1.72	1.80	0.43	1.64	0.12	0.08	0.10	bdl	bdl	bdl
Cu	bdl	bdl	0.34	3.88	32.92	31.17	32.47	32.14	29.67	4.29	3.30	7.56	4.39	5.70
Zn	bdl	bdl	bdl	0.13	0.14	0.12	0.85	0.99	0.73	52.24	51.89	50.22	55.35	52.86
Pb	0.22	0.13	0.16	0.15	0.12	0.12	0.13	0.14	0.13	0.19	0.26	bdl	0.19	0.10
Cd	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.68	0.69	0.63	0.69	0.70
V	0.03	bdl	0.14	0.88	0.22	0.43	0.36	0.05	0.65	0.34	0.46	bdl	bdl	0.04
Sb	0.44	0.35	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
S	53.31	52.68	33.15	32.23	34.83	34.63	34.60	34.78	34.37	32.51	33.00	33.45	32.96	33.34
Celkem	100.27	99.59	99.70	98.19	100.52	99.02	99.47	99.24	98.33	98.44	99.39	99.57	99.49	99.39
Fe	0.995	1.006	3.724	3.806	0.994	1.011	1.001	0.922	1.084	0.142	0.168	0.133	0.103	0.115
Co	0.001	bdl	0.486	0.626	0.007	0.007	0.011	0.052	0.004	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Ni	bdl	bdl	4.690	3.967	0.054	0.057	0.014	0.052	0.004	0.001	0.002	bdl	bdl	bdl
Cu	bdl	bdl	0.042	0.483	0.947	0.907	0.944	0.936	0.869	0.066	0.050	0.115	0.067	0.087
Zn	bdl	bdl	bdl	0.016	0.004	0.003	0.024	0.028	0.021	0.783	0.768	0.741	0.823	0.783
Pb	0.001	0.001	0.006	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	bdl	0.001	0.000
Cd	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006
V	0.001	bdl	0.021	0.137	0.008	0.016	0.013	0.002	0.024	0.007	0.009	bdl	bdl	0.001
Sb	0.004	0.003	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Celkem	1.002	1.011	8.969	9.041	2.014	2.002	2.007	1.993	2.006	1.006	1.004	0.994	1.000	0.993
S	1.998	1.989	8.031	7.959	1.986	1.998	1.993	2.007	1.994	0.994	0.996	1.006	1.000	1.007
Apfu	3	3	17	17	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2

togenních“ živců) jasně naznačuje bazický charakter, nicméně nárůsty kyselejšího plagioklasu (andezínu) spolu s dochovanými relikty sanidinu ukazují, že pravděpodobně nešlo o horninu vysloveně bazickou (bazalt *sensu stricto*), ale spíše o poněkud kyselejší člen (např. přechod k bazaltickému andezitu, případně bazaltickému trachyandezitu). Následná postmagmatická hydrotermální přeměna vedla k významné (někdy až kompletní - jako u spinelidů, v některých vzorcích i u klinopyroxenů) alteraci téměř všech pyrogenních fází s výjimkou apatitu a ilmenitu. Na

jejich úkor nově vznikaly albit, chlorit, analcim a titanit. Vznik chloritu s daným chemickým složením proběhl patrně za dosti nízkých teplot: empirický chloritový termometr podle Kranidiotise a MacLeana (1987) poskytl teploty mezi 79 a 113 °C (tab. 6). Pozdně hydrotermální fázi je pravděpodobně i analcim, a to jak vzhledem k jeho texturní pozici, tak i k nepatrným obsahům Ca v jeho analýzách (srov. Gibb a Henderson 1978; Urubek et al. 2013). S ohledem na současná petrografická nomenklatorická doporučení (Le Maitre 2005) a výše uvedená nová zjiš-



Obr. 8 Variace v chemismu chromspinelidů ze sedimentů lokality Vyskočilka a porovnání s chromspinelidy z mejmečitů z Roviny (Tasárová et al. 2014; Tasárová 2016). a - diagram Fe^{2+} - Mg - Ti v pozici A obecného vzorce spinelidů (AB_2O_4). b - diagram Fe^{3+} - Al - Cr v pozici B obecného vzorce spinelidů. c - diagram Al_2O_3 vs. TiO_2 (Kamenetsky et al. 2001). SSZ - suprasubdukční zóny, MORB - bazalty středooceánských hřbetů, LIP - velké magmatické provincie, OIB - bazalty oceánských ostrovů, ARC - bazalty ostrovních oblouků, BABB - bazalty zaobloukových pánví.

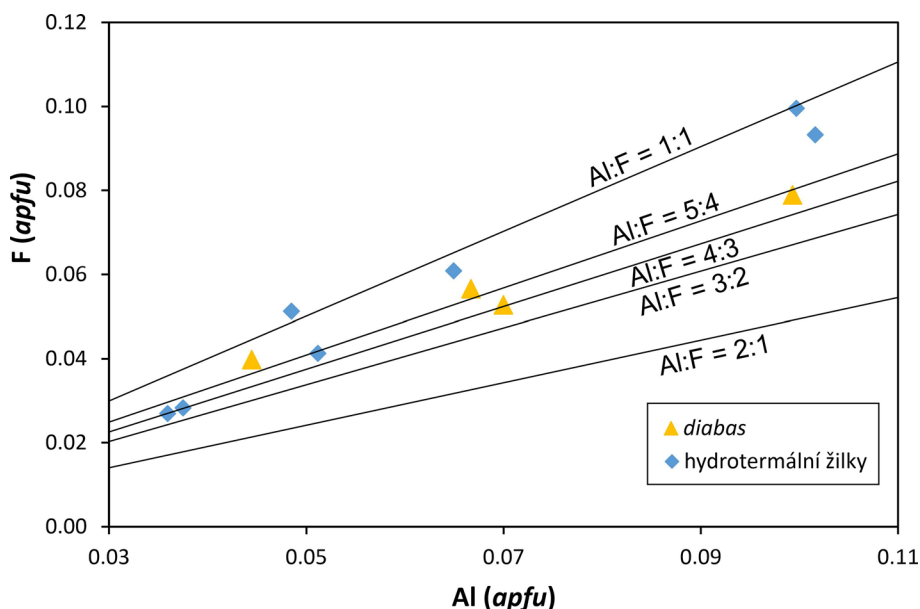
tění nepovažujeme za vhodné pro danou horninu použití termínů *diabas*, bazalt či paleobazalt, ale spíše spilit či paleobazaltoid.

Vzájemný vztah tělesa *diabasu* a okolních silurských sedimentů nelze vzhledem ke špatnému odkrytí v terénu v současnosti posoudit. Starší práce interpretovaly zřejmě těleso magmatické horniny jako ložní žílu (Chlupáč 1988, 1999). Dosažené výsledky z laboratorního bádání potvrzují, že intruze tělesa této vyvřelé horniny nemohla být časově sblížená se sedimentací hostitelských silurských sedimentů. Získaná data pro to poskytují dva argumenty. Za prvé, rekrystalizace a místy kompletní změna původní minerální asociace majoritních aleuro-pelitických sedimentů na monotónní asociaci křemen + K-živce dokládají, že na kontaktu s tělesem vyvřelé horniny byly silurské sedimenty kontaktně metamorfovány. Za druhé, chemické složení ilmenitů v magmatické hornině a v sedimentech se vzájemně výrazně liší (obr. 4c), takže nelze uvažovat o jejich jednotném (společném) zdroji (vulkanická epizoda teoreticky mohla dát vzniknout jak intruzi *diabasu*, tak mohla poskytnout pyroklastický materiál usazený ve stejně starých sedimentech). Stejný závěr lze vyvodit i ze získaných dat o složení spinelidů: zatímco v sedimentech jsou spinelidy vždy bohaté Cr, ze složení alteračních fází v *diabasu* lze soudit, že v této hornině spinelidy (dnes kompletně rozložené) žádné významnější koncentrace Cr neobsahovaly.

Sedimenty

Překvapením je zjištění přítomnosti relativně hojných krystalů Cr-bohatých spinelidů v hostitelských silurských sedimentech. Vzhledem k tomu, že jde o automorfně omezené krystaly, jejich srostlice a jejich úlomky, které nenesou žádné výraznější stopy po opracování transportem v rámci erozně-sedimentačního cyklu (tj. obroušení krystalových hran, krystalových rohů a lomných hran), předpokládáme, že jde o relikty pyroklastického materiálu, napadaného do sedimentačního prostoru během vulkanické erupce, která produkovala pyroklastika ultrabazického složení. Vzhledem k drobným rozměrům Cr-spinelidů (velikost jejich zrn nepřesahuje horní rozměr prachové frakce) lze usuzovat, že šlo o popelovou frakci pyroklastického materiálu. Absenci silikátové složky vulkanického popela (vulkanické sklo, plus eventuálně

krystaly silikátů) lze snadno vysvětlit velkou nestabilitou většiny složek ultrabazických hornin při interakci s mořskou vodou či diagenetickými roztoky (Morton, Hallsworth 2007) a dále také rekrystalizací horninové matrice, k níž došlo při kontaktní metamorfóze související s intruzí tělesa *diabasu*. Absence známek koroze chromspinelidů, stejně jako absence porušení vnitřní zonálnosti i u rozlomených krystalů naznačuje, že naložená kontaktní metamorfóza významně neovlivnila chemické složení chromspinelidů (minimálně u námi studovaných vzorků) a tedy že chemismus chromspinelidů odráží původní podmínky jejich magmatické krystalizace. V každém případě široké variace v chemismu chromspinelidů, ilustrované i komplexním rozložením průměrných bodů analýz v ternárních diagramech (obr. 8a,b), nasvědčují dlouhodobému vývoji, respektive významným změnám podmínek v průběhu krystalizace chromspinelidů. V diskriminačním diagramu Al_2O_3 vs. TiO_2 (Kamenetsky et al. 2001) spadá většina analýz do oblastí spinelidů derivovaných z bazaltů oceánských ostrovů (OIB) a velkých magmatických provincií (LIP; obr. 8c). Pokud jde o konkrétní možný zdroj chromspinelidů, v oblasti Barrandienu jsou známy ojedinělé výskyty silurských ultrabazických žilných hornin složením blízkých pikritu (Fiala 1947, 1976; obr. 2), které byly nově překlasifikovány na mejmečity (Tasáryová et al. 2018). Detailnějších informací k chemismu minerálních složek těchto hornin bylo dosud publikováno velmi málo. Tasáryová et al. (2014) a Tasáryová (2016) uvádějí z jednoho výskytu (lokalita Rovina) sedm energiově-disperzních mikroanalýz spinelidů, které jsou všechny Cr i Ti bohaté. Dvě analýzy patří chromitu ($Chr_{35-36}Spl_{27-32}Mgt_{21-25}Ulv_{9-10}Gal_{0-1}Cls_{0-1}Hrc_{0-1}$), čtyři ulvospinelu ($Ulv_{41-54}Mgt_{18-38}Mch_{11-15}Mfe_{5-12}Spl_{1-4}Gal_{1-2}Cls_{1-2}$) a jedna magnetitu ($Mgt_{42}Ulv_{38}Mch_{16}Gal_2Cls_2$; minerální klasifikaci a rozpočet obsahů koncových členů oproti originálu korigovali autoři této práce). Již tento minimální srovnávací datový soubor ilustruje podobné hlavní geochemické rysy i širokou variabilitu chemismu spinelidů, podobně jako v našem případě (obr. 8). Zdroj „sedimentárních“ chromspinelidů v barrandienských silurských ultrabazikách tedy považujeme za potenciálně možný. Definitivní závěr bude však možno vyslovit až v budoucnu po získání reprezentativnějšího souboru srovnávacích dat.



Obr. 9 Diagram Al - F pro titanity z lokality Vyskočilka.

Neméně zajímavým zjištěním je identifikace zvýšené chlorapatitové komponenty ve většině analýz „sedimentárních“ apatitů. Mnohem ochotněji totiž do dané strukturní pozice v apatitu vstupují F a OH. Chlorem bohaté apatity proto obvykle vznikají poměrně vzácně, v podmínkách nízké aktivity vody a F, typicky například ve vrstevnatých mafických intruzích, některých vulkanitech a meteoritech (Chang et al. 1998; Anthony et al. 2000). V dané situaci lze tedy uvažovat dva základní genetické scénáře vysvětlující danou anomálii. Za prvé by mohly být obsahy Cl zděděny z původního detritického apatitu již primárně bohatého Cl a tedy nutně specifické proveniencce (např. vyvětralého z vhodných bazických hornin). To se zdá ovšem málo pravděpodobné, vzhledem k relativně značnému množství apatitu přítomnému v sedimentech. Za druhé, můžeme uvažovat pozměnění chemismu „normálního“ apatitu původně přítomného v hornině v důsledku rekrystalizace působením pozdně-magmatických fluid uvolňovaných při krystalizaci intruze *diabas* (srov. Cawthorn 1994). Jak ukázaly experimentální studie, při postupné krystalizaci vyvěřelé horniny za nízkých tlaků (pod 0.5 kbar) je salinita uvolňovaných fluid nejprve nízká, ale prudce narůstá s pokračující krystalizací silikátové taveniny (Fall et al. 2007). Pokles aktivity vody ve fluidech mohl být doprovázen i poklesem obsahu F, který mohl být postupně fixován ve vznikajících magmatogenních minerálních fázích (apatit, slídy, aj.). Uvedené „rekrystalizační“ možnosti by mohl nasvědčovat nálezy zrna apatitu, jehož jádro prakticky neobsahovalo Cl, zatímco široký vnější lem měl homogenně zvýšené obsahy Cl (obr. 7a).

Nově popsaný laminit je bezesporu sedimentární horninou, v níž se střídají tenké polohy bohaté karbonátem, apatitem a siliciklastickým materiálem. Vzhledem k tomu, že právě tento litotyp obsahuje i největší množství chromspinelidů, můžeme předpokládat, že obsahoval i relativně největší příměs ultrabazického vulkanoklastického materiálu. V širším smyslu slova lze tedy protolit dané horniny považovat za tufit. Minerální složení a stavba horniny byly posléze dále modifikovány procesy kontaktní metamorfózy.

Hydrotermální žilky

Hydrotermální žilky nalezené na lokalitě nepochybně vznikaly během různých geologických událostí. Kalcitové, respektive křemen-kalcitové žilky s obsahem uhlovodíků pravděpodobně souvisejí s variským tektonotermálním přetiskem oblasti Barrandienu (srov. Suchý et al. 2002; Halavínová et al. 2008; Suchý et al. 2010). Naproti tomu mineralogicky i geochemicky pestřejší mineralizace s obsahem křemene, kalcitu, titanitu, anatasu a Zn-Fe-Ni-Cu sulfidů pravděpodobně souvisejí s látkovou remobilizací v průběhu kontaktně-metamorfních procesů asociovaných s intruzí tělesa *diabas* (srov. Suchý et al. 2004). Sulfidická mineralizace této žíly je velmi zajímavá z pohledu chemického složení fází. V prvé řadě je třeba zmínit zejména zvýšené obsahy V, v sulfidech druhy velmi vzácné, které však v tomto případě dobře odrážejí geochemický charakter hostitelského horninového prostředí. Nezvykle vysoké jsou rovněž zjištěné obsahy Cu ve sfaleritech a Zn v chalkopyritech. Zvýšené obsahy Ni v dané mineralizaci by mohly reflektovat výše zmíněnou příměs ultrabazického materiálu v hostitelských sedimentech (mejměčity pražské pánve obsahují stabilně kolem 560 ppm Ni; Tasáryová 2016); naproti tomu zdroj Ni v intruzi *diabas* z lokality Vyskočilka je méně pravděpodobný vzhledem k velmi malému obsahu Ni v této hornině (<20 ppm Ni; Tasáryová 2016).

Závěr

Podrobnější mineralogické studium vzorků odebraných v prostoru lokality Vyskočilka (silur pražské pánve) přineslo řadu nových zjištění k minerálnímu složení hornin a hydrotermálních žil a k interpretacím jejich geneze. Majoritní silurské břidlice jsou vzácně doprovázeny laminity, tvořenými siliciklastickým materiálem, kalcitem, apatitem a pravděpodobně i pyroklastickou složkou. Sedimentární horniny nesou známky různě intenzivní přeměny, která souvisela s kontaktně-metamorfním tepelným působením intruze *diabas*. Minoritní komponentou všech sedimentů jsou Ti-bohaté chromspinelidy, klasifikačně odpovídající chromitu, magnetitu a spinelu. Chromspinelidy v sedimentech vytvářejí izolované automorfní krystaly o velikosti do 50 μm , jejich srostlice a úlomky, které nejvíce známky obroušení transportem. Předpokládáme proto, že jde o relikty ultrabazického pyroklastického materiálu (popela), který do sedimentární pánve napadal během usazování sedimentů. Z pražské pánve jsou známy žíly silurských mejmečitů, které obsahují chromspinelidy s rámcově obdobným chemismem, a které tedy mohou reprezentovat zdroj chromspinelidů nalezených v sedimentech. Sedimenty jsou na lokalitě proráženy ložní žilou *diabas*, horniny s bazickou afinitou, silně postižené postmagmatickými přeměnami (albitizace a zeolitizace živců, chloritizace klinopyroxenů a Fe-Ti spinelidů). Žilné hydrotermální mineralizace, přítomné na lokalitě, pravděpodobně vznikaly během různých procesů. Kalcitové žíly s křemenem a uhlovodíky pravděpodobně souvisejí s variským tektonotermálním přetiskem oblasti. Žilná mineralizace s křemenem, kalcitem, titanitem, anatasem a Zn-Fe-Ni-Co sulfidy pravděpodobně souvisí s kontaktně-metamorfními procesy spojenými s intruzí *diabas*.

Poděkování

Práce na dané problematice byly finančně podpořeny Ministerstvem kultury ČR v rámci institucionálního financování výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 1.1.e). V. Suchému a P. Paulišovi děkujeme za recenzní připomínky, které přispěly k vylepšení rukopisu.

Literatura

- ANTHONY JW, BIDEAUX RA, BLADH KW, NICHOLS MC (2000) Handbook of mineralogy, Vol. IV, Arsenates, phosphates, vanadates. Mineral data publishing, Tucson
- BAYLISS P (1975) Nomenclature of the trioctahedral chlorites. Can Mineral 13:178-180
- BOŘICKÝ E (1867) Mineralogische Notizen. Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften 17(6): 88-91
- BOŘICKÝ E (1869) Perimorphosen einer asphaltähnlichen Substanz nach Calcit. Lotos 19(2): 18-20
- BOŘICKÝ E (1871) Seznam nerostů okolí Pražského. Pátá výroční zpráva o obecním gymnasiu reálním v Praze (Spálená ul.): 3-8
- BOŘICKÝ E (1873) Über die Anthracide des oberen Silurgebietes in Böhmen. Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag / Zprávy o zasedání Královské české společnosti nauk v Praze 1873, 1: 2-8
- CAWTHORN RG (1994) Formation of chlor- and fluor-apatite in layered intrusions. Min Mag 58: 299-306
- DEMEL J (1851) Versammlungen einen Vortrag über die „Salze und Haloide Böhmens“. Lotos 1(6): 123-125

- FALL A, BODNAR RJ, SZABÓ Cs, PÁL-MOLNÁR E (2007) Fluid evolution in the nepheline syenites of the Ditrău Alkaline Massif, Transylvania, Romania. *Lithos* 95: 331-345
- FIALA F (1947) Diabasové pikrity v Barrandienu (Mořinka, Rovina, Sedlec). *Věst Král Čes Společ nauk* 19: 1-55
- FIALA F (1974) Spilitized marginal facies of the intrusive dolerite diabases. *Krystalinikum* 10: 89-100
- FIALA F (1976) The Silurian doleritic diabases and ultrabasic rocks of the Barrandian area. *Krystalinikum* 12: 47-77
- GIBB FGF, HENDERSON CMB (1978) The petrology of the Dippin sill, Isle of Arran. *Scott J Geol* 14: 1-27
- HALAVÍNOVÁ M, MELICHAR R, SLOBODNÍK M (2008) Hydrothermal veins linked with the Variscan structure of the Prague Basin (Barrandien, Czech Republic): resolving fluid-wall rock interaction. *Geol Q* 52: 309-320
- CHANG LLY, HOWIE RA, ZUSSMAN J (1998) Rock-forming minerals, Vol. 5B, Non-silicates: Sulphates, carbonates, phosphates, halides. The Geological Society, London
- CHLUPÁČ I (1988) Geologické zajímavosti pražského okolí. *Academia Praha* 1-249
- CHLUPÁČ I (1999) Vycházky za geologickou minulostí Prahy a okolí. *Academia Praha* 1-279
- KAMENETSKY VS, CRAWFORD AJ, MEFFRE S (2001) Factors controlling chemistry of magmatic spinel: An empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusion from primitive rocks. *J Petrol* 42: 655-671
- KATZER B (1887) Příspěvky k minerálnímu zeměpisu Čech. *Vesmír* 16(8): 90-91, (16): 182-183
- KLVAŇA J (1879) Novým nalezištěm barytu pro Čechy jest Chuchle. *Vesmír* 8(24): 284
- KLVAŇA J (1886) Nerosty království českého. *Uherské Hradiště*
- KRANIDIOTIS P, MACLEAN WH (1987) Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. *Econ Geol* 82: 1898-1911
- KRATOCHVÍL J (1912) Nerosty širšího pražského okolí. Výroční zpráva c. k. státní české reálky na Malé Straně v Praze za školní rok 1911-1912. *Praha*: 1-36
- KREJČÍ J (1852) Zeměznalecká procházka z Prahy do Jílového, Knína, Příbrami a nazpět přes Jince, Zdice a Karlštejn. První roční zpráva c. k. české reální školy v Praze za školní rok 1852: 11-25
- KREJČÍ J (1854) Přírodopisný průvodce po okolí Pražském. Díl první. Horopisný a zeměznalecký popis okolí Pražského. *Praha*, vl. nákl.: 1-125
- KREJČÍ J (1856) Útvar silurský v Čechách. *Živa* 4(4): 312-326
- KREJČÍ J (1862) Bericht über die im Jahre 1859 ausgeführten geologischen Aufnahmen bei Prag und Beraun. *Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt (Wien)* 12(2-IV): 223-284
- KREJČÍ J (1877) Geologie čili nauka o útvarech zemských se zvláštním ohledem na krajiny Československé. V Praze vlastním nákladem: 1-1035
- KŘÍŽ J (1999) Geologické památky Prahy. *Český geologický ústav Praha* 1-278
- KUKAL Z (1985) Vývoj sedimentů Českého masívu. *Knih Ústř úst geol*, sv. 61, 221 str.
- LE MAITRE RW (2005) Igneous rocks - a classification and glossary of terms. Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Cambridge University Press, Cambridge*
- MELKA K (1965) Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. *Věst Ústř Úst geol* 40: 23-27
- MORIMOTO N, FABRIES J, FERGUSON AK, GINZBURG IV, ROSS M, SEIFERT FA, ZUSSMAN J, AOKI K, GOTTARDI G (1988) Nomenclature of pyroxenes. *Mineral Mag* 50: 535-550
- MORTON AC, HALLSWORTH CR (2007) Stability of detrital heavy minerals during burial diagenesis. In: Mange MA, Wright DT (Eds): *Heavy Minerals in Use. Developments in Sedimentology* 58: 215-245. Elsevier, Amsterdam
- POUCHOU J, PICOIR F (1985) „PAP“ (φρΖ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: ARMSTRONG JT (ed): *Microbeam Analysis*: 104-106. San Francisco Press. San Francisco
- PREIS K (1885) Mesolith chuchelský. *Zprávy Spolku geologického v Praze* 1(1): 7
- PREIS K, VRBA K (1879) Ueber einige Mineralien aus dem Diabas von Kuchelbad. *Sitzungsberichte der königl. böhm. Gessellschaft der Wissenschaften in Prag / Zprávy o zasedání Královské české společnosti nauk v Praze* 1879, č. 46: 460-747
- REUSS AE (1854) Kurze Uebersicht der geognostischen Verhältnisse Böhmens. *Prag*, 1-103
- REUSS AE (1860) Mineralogische Notizen aus Böhmen. *Lotos* 10(7): 134-137
- SUCHÝ V, DOBEŠ P, FILIP J, STEJSKAL M, ZEMAN A (2002) Conditions for veining in the Barrandian Basin (Lower Palaeozoic), Czech Republic: evidence from fluid inclusion and apatite fission track analysis. *Tectonophysics* 348: 25-50
- SUCHÝ V, ŠAFANDA J, SYKOROVÁ I, STEJSKAL M, MACHOVIČ V, MELKA K (2004) Contact metamorphism of Silurian black shales by a basalt sill: geological evidence and thermal modeling in the Barrandian Basin. *Bull Geosci* 79(3): 133-145
- SUCHÝ V, DOBEŠ P, SYKOROVÁ I, MACHOVIČ V, STEJSKAL M, KROUFEK J, CHUDOBA J, MATĚJOVSKÝ L, HAVELCOVÁ M, MATYSOVÁ P (2010) Oil-bearing inclusions in vein quartz and calcite and bitumens in veins: Testament to multiple phases of hydrocarbon migration in the Barrandian basin (lower Palaeozoic), Czech Republic. *Mar Petrol Geol* 27: 285-297
- ŠAFARIK A (1871) Ueber silurische Mineralien und zwar über die erste Abtheilung nämlich über Datolith, Prehnit und Analkim. *Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag*, Januar - Juni, Sitzung der mathem.-naturwissenschaftlichen Classe am 28. Juni 1871: 77
- ŠAFARIK V (1874) Ueber einige Mineralien von Kuchelbad bei Prag. *Sitzungsberichte der königl. böhmische Gesellschaft der Wissenschaften in Prag*, Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftliche Classe am 20. Februar 1874 / *Zprávy o zasedání Královské české společnosti nauk v Praze* 1874: 19
- ŠTORCH P, PAŠAVA J (1989) Stratigraphy, chemistry and origin of the Lower Silurian black graptolitic shales of the Prague Basin (Barrandian, Bohemia). *Věst Ústř Úst Geol* 46: 143-162
- TASÁRYOVÁ Z (2016) Silurian and Devonian volcanism in the Prague Basin. MS, disertační práce, PFF UK Praha
- TASÁRYOVÁ Z, FRÝDA J, JANOUŠEK V, RACEK M (2014) Slawsonite-celsian-hyalophane assemblage from a picrite sill (Prague Basin, Czech Republic). *Am Mineral* 99: 2272-2279

- TASÁRYOVÁ Z, JANOUŠEK V, FRÝDA J (2018) Failed Silurian continental rifting at the NW margin of Gondwana: evidence from basaltic volcanism of the Prague Basin (Teplá-Barrandian Unit, Bohemian Massif). *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 107: 1231-1266
- ULRICH F (1934) Výskyty jarositu a natrojarositu v Československu. *Věda přírodní* 15(2-3): 79-82
- ULRICH F (1935) Nové mineralogické nálezy z Čech I. Barrandien. *Čas Nár Mus (Praha), Odd přírod* 109(3-4): 79-89
- URUBEK T, DOLNÍČEK Z, KROPÁČ K, LEHOTSÝ T (2013) Fluidní inkluze a chemické složení analcimu z lokality Řepiště (slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty). *Geol Výzk Mor Slez* 20: 107-111
- VELEBIL D (2018) Minerály Prahy. *Granit* 1-152
- VRBA K (1880) 6. Datolith von Kuchelbad bei Prag; 7. Albit von Kuchelbad. In: *Mineralogische Notizen II., Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie* 4(4): 353-361
- ZEPHAROVICH V (1893) *Mineralogisches Lexikon. Teil I.-III.* Wien
- ZIPPE FXM (1839) Die Mineralien Böhmens nach ihren geognostischen Verhältnissen und ihrer Ausstellung in der Sammlung des vaterländischen Museums geordnet und beschreiben. *Verhandlungen der Gesellschaft des vaterländischen Museums in Böhmen in der siebenzehnten allgemeinen Versammlung am 3. April 1839*: 28-77
- ZIPPE FXM (1849) Allgemeine Übersicht der physikalischen und statistischen Verhältnisse des Berauner Kreises, I-LXIII. In: *Sommer J. G., Das Königreich Böhmen, Bd. 16, Berauner Kreis, Prag*