

Zeolitová mineralizace z Libé u Chebu (Česká republika)

Zeolite mineralization from Libá near Cheb (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, JIŘÍ SVEJKOVSKÝ³⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾, PETR MATYS⁴⁾, LUBOŠ VRTIŠKA²⁾,
RADANA MALÍKOVÁ²⁾ A ONDŘEJ POUR⁵⁾

¹⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; *e-mail: petr.paulis@post.cz

²⁾ Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

³⁾Severočeské doly a. s. - doly Bílina, Důlní 375/89, 418 29 Bílina

⁴⁾Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., Tolstého 447, 415 03 Teplice

⁵⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

PAULIŠ P, SVEJKOVSKÝ J, DOLNÍČEK Z, MATYS P, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, POUR O (2020) Zeolitová mineralizace z Libé u Chebu (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(1): 152-160 ISSN 2570-7337

Abstract

A new occurrence of zeolite mineralization with phillipsite-K, phillipsite-Ca, thomsonite-Ca, natrolite and gonnardite has been discovered in an active basalt quarry in the Libá village near Cheb (Czech Republic). Phillipsites form druses of white or colourless crystals up to 1 mm in size in small cavities. Chemical analyses of phillipsite-K correspond to the empirical formula $(K_{1.85}Na_{1.24}Ca_{0.83}Ba_{0.27}Sr_{0.01})_{\Sigma 4.20}(Al_{6.28}Si_{10.33}O_{32}) \cdot 12H_2O$ and phillipsite-Ca to $(Ca_{1.84}K_{1.33}Na_{0.14}Ba_{0.06}Sr_{0.37})_{\Sigma 3.37}(Al_{5.97}Si_{10.20}O_{32}) \cdot 12H_2O$. The unit-cell parameters were refined from the powder X-ray data for phillipsite-Ca as: *a* 9.924(2), *b* 14.309(3), *c* 8.7414(14) Å, β 124.92(2)° and *V* 1017.8(5) Å³. Thomsonite-Ca forms transparent hemispheric radial aggregates up to 1 cm in size. Its unit-cell parameters refined from the powder X-ray data are *a* 13.105(5), *b* 13.857(5), *c* 13.247(6) Å and *V* 2266.7(6) Å³ and its chemical analyses correspond to the empirical formula $Ca_{1.79}Sr_{0.18}Na_{1.05}(Al_{4.81}Si_{5.15}O_{20}) \cdot 6H_2O$. Natrolite occurs as snow white hemispheric radial clusters. Its unit-cell parameters refined from the powder X-ray data are *a* 18.326(7), *b* 18.569(7), *c* 6.594(3) Å and *V* 2243.8(9) Å³ and empirical formula is $Na_{1.60}Ca_{0.05}(Al_{2.08}Si_{3.02}O_{10}) \cdot 2H_2O$. Gonnardite forms colourless or white aggregates of flat acicular crystals up to 2 mm in size. Its unit-cell parameters refined from the powder X-ray data are *a* 13.221(8), *c* 6.6233(4) Å and *V* 1156.9 Å³ and empirical formula is $(Na_{3.14}Ca_{2.21}Sr_{0.02})_{\Sigma 5.37}(Al_{8.92}Si_{11.41}O_{20.33}) \cdot 12H_2O$.

Key words: phillipsite-K, phillipsite-Ca, thomsonite-Ca, natrolite, gonnardite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Libá near Cheb, Czech Republic

Obdrženo 4. 5. 2020; přijato 5. 6. 2020

Úvod

Kamenolom se studovanou mineralizací se nachází jz. od obce Libá (dř. Libštejn, něm. Liebenstein), 11 km sz. od Chebu na j. svahu vrchu Blatná (dříve Vysoká, něm. Hohenberg) 641 m n. m., zhruba 1 km od hranice s Německem (GPS: 50°7'14.1"N, 12°13'24.1"E). Byl založen již před rokem 1945, v letech 1945 - 1951 tu probíhala těžba kameniva v rámci krajského výrobního podniku se sídlem v Chebu. Počínaje rokem 1951 byla těžba rozšířena pro potřeby stavby nedalekého vodního díla Jesenice. V letech 1957 - 1959 tu probíhal geologický průzkum ukončený výpočtem zásob (Čtyřoký, Koubek 1959). V současnosti je kamenolom ve vlastnictví firmy Basalt CZ s.r.o., vyrábějící drcené kamenivo. Ložisko má tvar plochého čedičového výlevu o mocnosti cca 40 m. Minimální báze výpočtu je 570 m n. m., pod touto úrovní nejsou zásoby vyhodnoceny. Plocha ložiska je 275 tisíc m² (700 × 270 m) (Hrzina et al. 2016).

Geologie a petrologie lokality

Lokalitu zeolitů představuje činný kamenolom (obr. 1) založený v terciárním výlevu olivinitického nefelinitu, který je nejzápadnějším vulkanickým tělesem tzv. ohá-

reckého riftu na našem území. Vulkanit proniká horninami smrčinského žulového masivu, který též tvoří podloží čedičového tělesa. Smrčinský žulový masiv je protínán několika tektonickými liniemi; hlavní uplatnění má směr SZ - JV. Tektonické zóny tohoto směru jsou v širším okolí často vyplněny žilným křemenem (tzv. ašský křemenný val) nebo bazickými vulkanity či lamprofyry. Čediče většinou nasedají přímo na podložní granity, lokálně je při bázi ložiskových poloh vyvinuta 1 - 5 m mocná poloha tufového konglomerátu, v jednom vrtu byla na bázi čediče zastížena poloha kaolinizovaného pískovce a slepence. V nadloží bazaltů, v jeho depresích, byly na vrcholové plošině uchovány denudační zbytky tufových poloh až 10 m mocné. Kvartér je v okolí zastoupen především aluvii recentních toků, svahovými hlínami a hlinitokamenitými sutěmi (Hrzina et al. 2016).

Bazaltické horniny tvoří morfologicky výrazný plochý vrch s výraznější elevací na severu a na jižním okraji plošiny. Jde patrně o zbytek původně rozsáhlejšího vulkanického tělesa s poměrně složitou stavbou, ve kterém se vedle převládajících výlevných hornin podstatně uplatňují i horniny vulkanoklastické. Těženou horninou je olivinitický nefelinit. Jde o černošedou porfyrickou masivní hor-

ninu, která je v rámci ložiska petrologicky homogenní. Je tvořena velmi jemnozrnnou základní hmotou tvořenou augitem, nefelinem a Ti-bohatým magnetitem. V základní hmotě lze makroskopicky rozeznat až 3 mm velké vyrostlice olivínu a augitu. Strukturu horniny lze označit jako drobně porfyrickou s holomikrokrytalickou strukturou základní hmoty (Hrzina et al. 2016).

Charakteristickým rysem zdejších nefelinitů je jejich sloupcovitá odlučnost (obr. 2). Sloupce mají většinou vertikální orientaci, ve východní části jsou uspořádané vějířovitě. Velikost sloupců je proměnlivá, jejich šířka se pohybuje v rozmezí 0.2 - 1.5 m, maximální rozměry mají sloupce na severním okraji ložiska. Z jejich rozměrů lze usuzovat na blízkost centrální části vulkanického tělesa, v níž docházelo k pomalejšímu tuhnutí. Navětrání čediče lze pozorovat do hloubky 10 - 15 m. Projevuje se větším rozpuštěním svrchních partií, limonitovými záteky podél trhlin a zvětráním vyrostlic olivínu. Dnes již odtěžené pyroklastické horniny tvořily kapeskové polohy ve vrcholové části plošiny o mocnosti do 10 m. Většinou šlo o velmi měkké, šedé až hnědé lapillové tufy (Krutský 2019).

Metodika výzkumu

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanášeny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Pozice jednotlivých dif-

rakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu High-Score Plus. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení zeolitů bylo kvantitativně stanoveno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 5 μ m, standardy: baryt (BaL α), albit (NaK α), sanidin (SiK α , AlK α , KK α), rodonit (MnK α), diopsid (MgK α), apatit (PK α),



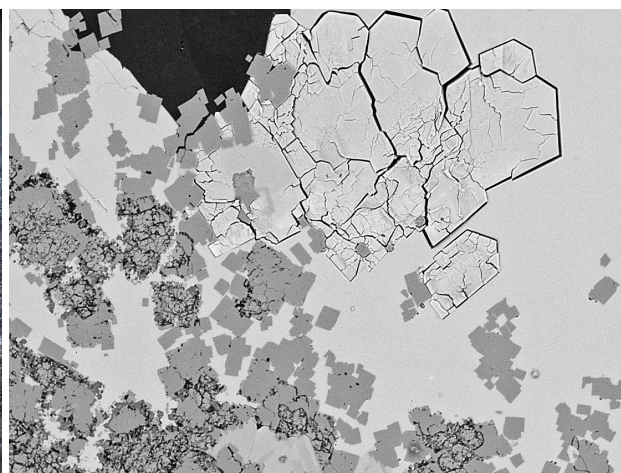
Obr. 1 Kamenolom Libá u Chebu, jižní část, foto P. Matys, 2019.



Obr. 2 Střední část kamenolomu Libá u Chebu, která je tvořena nefelinitovými sloupci, foto P. Matys, 2019.



Obr. 3 Dutina v bazaltu vyplněná krystaly phillipsitu z Libé, šířka záběru 20 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 4 Kalcit (světlý) s obdélníkovými průřezy krystalů natrolitu (šedý) a krystaly phillipsitu-Ca (světlý v pravé části snímku). Šířka záběru 0.72 mm. BSE foto Z. Dolníček.

hematit (FeK α), ZnO (ZnK α), celestin (SK α , SrL α), Cs sklo (CsK α), wollastonit (CaK α) a topaz (FK α). Obsahy Cs, Fe, Mg, Mn, P, S, Zn a F byly pod mezí detekce přístroje (cca 0.03 - 0.05 hm. %). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakterizace zjištěné mineralizace

Mineralogii nefelinitů od Libé se jako jediný zabýval Koster (1886) in Kratochvíl (1961), který z čedičů mezi Libou a Hohenbergem v Bavorsku popsal krystaly harmotomu (správně phillipsitu), stilbit či heulandit, zaoblené krystaly a zrna čedičového amfibolu z čedičových pum a hyalit. V novější době nikdo mineralogii zdejší zeolitové mineralizace nestudoval.

Zeolitová mineralizace byla nalezena jedním z autorů (PM) na puklinách a v drobných dutinách nefelinitu v srpnu 2019. V rámci pracovní návštěvy spojené s odběrem vzorků pro laboratorní zkoušky kameniva tu byly na spodním patře v částečně odtěženém odstřelu ve střední části kamenolomu nalezeny nehojné zeolitové výplně puklin a dutin. Při opakované návštěvě lomu v září 2019 byly v odstřelu a deponii kameniva v jižní části lomu objeveny další vzorky zeolitové mineralizace.

Phillipsit-K a phillipsit-Ca

Nejstarším zeolitem studované mineralizace je phillipsit, který narůstá na stěny puklin a až 10 cm velkých plochých dutin v nefelinitu ve formě jemné bílé kůry tvo-

Tabulka 1 Rentgenová prášková data phillipsitu-Ca z Libé

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
-1	0	0	8.130	2	8.137	-2	6	1	2.1496	1	2.1495	-3	7	3	1.6356	2	1.6357
-1	1	1	7.111	73	7.103	2	1	2	2.1260	<1	2.1239	-6	0	2	1.6083	1	1.6095
0	1	1	6.368	18	6.408	-3	2	4	2.0783	1	2.0790	-6	1	2	1.5993	1	1.5994
1	2	0	5.346	13	5.373	-2	6	2	2.0621	<1	2.0603	-5	2	5	1.5942	2	1.5952
0	2	1	5.033	22	5.064	2	2	2	2.0565	<1	2.0570	-2	3	5	1.5905	<1	1.5917
-2	0	1	4.919	11	4.962	-2	5	3	2.0408	1	2.0416	2	3	3	1.5863	<1	1.5864
1	0	1	4.299	4	4.295	4	0	0	2.0343	1	2.0343	-3	4	5	1.5678	<1	1.5689
1	3	0	4.117	16	4.115	-3	5	3	1.9743	3	1.9743	-6	3	3	1.5632	<1	1.5627
-2	0	2	4.090	24	4.091	2	3	2	1.9584	2	1.9583	-5	5	4	1.5464	2	1.5458
-2	1	2	3.947	3	3.933	-5	1	2	1.9470	<1	1.9462	1	2	4	1.5354	1	1.5346
2	1	0	3.913	2	3.913	-1	2	4	1.9353	<1	1.9332	-5	6	2	1.5162	<1	1.5163
1	2	1	3.680	1	3.683	-2	7	1	1.8876	<1	1.8900	-1	3	5	1.4946	<1	1.4948
2	2	0	3.531	1	3.537	-2	7	2	1.8292	3	1.8286	1	9	1	1.4912	<1	1.4910
0	1	2	3.466	3	3.476	2	7	0	1.8246	1	1.8266	3	7	1	1.4854	2	1.4848
1	3	1	3.183	100	3.192	1	6	2	1.7990	<1	1.8017	-6	4	2	1.4682	<1	1.4678
-3	1	1	3.131	14	3.141	-3	6	3	1.7946	<1	1.7953	-4	8	2	1.4512	<1	1.4509
-3	2	1	2.927	5	2.936	0	8	0	1.7884	4	1.7886	1	4	4	1.4393	1	1.4386
-2	1	3	2.854	<1	2.855	0	1	4	1.7775	2	1.7780	-6	3	5	1.4353	1	1.4353
-1	4	2	2.753	10	2.754	-4	4	4	1.7750	1	1.7757	-3	9	1	1.4260	1	1.4255
-1	5	1	2.703	10	2.701	4	4	0	1.7694	2	1.7683	-4	8	3	1.4236	1	1.4230
2	4	0	2.689	18	2.686	0	8	1	1.7347	<1	1.7354	5	5	0	1.4146	<1	1.4147
3	1	0	2.666	4	2.665	-2	5	4	1.7234	1	1.7228	-6	5	2	1.4030	1	1.4029
1	2	2	2.5690	1	2.5669	2	5	2	1.7181	2	1.7178	2	9	1	1.3941	<1	1.3938
3	2	0	2.5375	1	2.5362	-4	1	5	1.7129	<1	1.7135	-7	2	3	1.3834	<1	1.3834
1	3	2	2.3833	4	2.3824	-5	3	1	1.7071	1	1.7078	2	0	4	1.3750	1	1.3750
-4	0	3	2.3510	<1	2.3487	-2	8	1	1.6828	2	1.6826	-5	3	6	1.3694	2	1.3692
-4	1	1	2.3080	<1	2.3095	-4	2	5	1.6784	2	1.6778	-5	7	4	1.3666	<1	1.3662
2	4	1	2.2532	2	2.2514	-2	7	3	1.6733	1	1.6733	5	3	1	1.3621	<1	1.3619
-4	2	1	2.2250	2	2.2242	-1	5	4	1.6439	1	1.6437	-7	3	3	1.3528	<1	1.3521
-3	4	3	2.1712	<1	2.1688	1	7	2	1.6403	2	1.6406	-5	6	5	1.3495	<1	1.3493
3	0	1	2.1597	1	2.1602												

Tabulka 2 Parametry základní cely phillipsitu (pro monoklinickou prostorovou grupu P2₁/m)

			<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β [°]	<i>V</i> [Å ³]
phillipsit-Ca	Libá u Chebu	tato práce	9.924(2)	14.309(3)	8.7414(14)	124.92(2)	1017.8(5)
phillipsit-Ca	Poustevna	Pauliš et al. (2019)	9.9206(19)	14.315(3)	8.7387(19)	124.92(6)	1017.5(4)
phillipsit-Ca	Zaječí vrch	Pauliš et al. (2019)	9.9226(19)	14.314(3)	8.7396(17)	124.92(5)	1017.8(4)
phillipsit-Ca	Heřmanice	Pauliš et al. (2018a)	9.922(19)	14.314(4)	8.742(18)	124.91(3)	1018.0(4)
phillipsit-K	Svor	Pauliš et al. (2016b)	9.924(2)	14.315(3)	8.742(2)	124.93(7)	1018.2(4)
phillipsit-K	Vrbíčka	Pauliš et al. (2013)	9.919(3)	14.314(3)	8.740(3)	124.93(1)	1017.5(6)
phillipsit-K	Nový Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	9.925(1)	14.312(3)	8.740(2)	124.92(3)	1018.0(3)
phillipsit-Ca	Nový Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	9.922(1)	14.313(3)	8.743(2)	124.91(2)	1018.1(3)
phillipsit		Gatta et al. (2009)	9.9238(6)	14.3145(5)	8.7416(5)	124.920(9)	1018.2

řené drobnými krystaly (obr. 3), kde tvoří podložku mladším zeolitům či kalcitu (obr. 4). Vzácněji vytváří v menších dutinách drúzy bílých až čirých, skelně lesklých, typicky rýhovaných, většinou zdvojitých krystalů o velikosti do 1 mm.

Rentgenová prášková data získaná pro phillipsit-Ca (tab. 1) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely (tab. 2) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit.

Při studiu chemického složení byly na lokalitě rozlišeny dva druhy phillipsitu (phillipsit-Ca a phillipsit-K). Oba jsou v BSE obraze chemicky homogenní. Na složení phillipsitu-K (tab. 3) se podílejí Si, Al, Ca, Ba, Sr, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Vedle dominantního obsahu K (1.85 *apfu*) obsahuje tento phillipsit poměrně velké obsahy Na (1.24 *apfu*) a Ca (0.83 *apfu*). Obsah harmotomové složky je poměrně malý; obsah Ba dosahuje 0.27 *apfu*. Vedle toho je v kationtové části zastoupena malá příměs Sr (0.01 *apfu*). Empirický vzorec phillipsitu-K (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 32 kyslíků možno vyjádřit jako $(K_{1.85}Na_{1.24}Ca_{0.83}Ba_{0.27}Sr_{0.01})_{\Sigma 4.20}(Al_{6.28}Si_{10.33}O_{32}) \cdot 12H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.62$ phillipsitu-K je při spodní hranici rozmezí uváděného pro tento zeolit (0.59 - 0.76) (Coombs et al. 1997).

Při studiu chemického složení phillipsitu-Ca (tab. 4) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Ba, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Vedle dominantního obsahu Ca (1.84 *apfu*) obsahuje tento phillipsit 1.33 *apfu* K a malé příměsi Na a Ba. Empirický vzorec phillipsitu-Ca (průměr šesti bodových analýz) je na bázi 32 kyslíků možno vyjádřit jako $(Ca_{1.84}K_{1.33}Na_{0.14}Ba_{0.06})_{\Sigma 3.37}(Al_{5.97}Si_{10.20}O_{32}) \cdot 12H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.63$ tohoto phillipsitu se nachází ve spodní části předepsaného rozmezí pro tento zeolit (0.57 - 0.74) (Coombs et al. 1997).

Thomsonit-Ca

Thomsonit-Ca byl nalezen pouze při první návštěvě lomu v odstřelu v jeho střední části. Tvoří čiré polokulovité, radiálně paprscité agregáty složené z jednotlivých tenké sloupečkovitých až pravítkovitých krystalů ukončených rovnou bází. Jednotlivé agregáty thomsonitu dosahují průměru až 1 cm a narůstají na starší sněhově bílý paprscitý natrolit. V některých případech je natrolit vyloučen a polokulovité agregáty thomsonitu-Ca jsou duté (obr. 5). Velikost nepravidelných plochých dutin s thomsonitem dosahovala až 15 × 7 cm. Na thomsonit někdy narůstají drobné, nedokonale vyvinuté, šedobílé klen-

cové krystaly kalcitu nebo je povlákán práškovitým jílovým minerálem žlutošedé barvy.

Rentgenová prášková data thomsonitu-Ca z Libé u Chebu (tab. 5) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry základní cely (tab. 6) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze jsou krystaly thomsonitu-Ca chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 7) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Sr a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Vedle dominantního obsahu Ca (1.79 *apfu*) a Na (1.05 *apfu*) obsahuje tento thomsonit malou příměs Sr (0.18 *apfu*). Zvýšené obsahy Sr jsou u thomsonitu poměrně časté; v ČR byly vysoké koncent-

Tabulka 3 Chemické složení phillipsitu-K z Libé (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	44.13	43.19	43.53	43.44	45.20	45.29
Al ₂ O ₃	24.27	24.32	23.98	24.87	24.58	23.60
CaO	3.53	3.74	3.33	3.73	3.20	3.66
BaO	3.18	3.07	3.39	3.31	3.35	2.76
SrO	0.11	0.12	0.06	0.15	0.11	0.09
Na ₂ O	2.92	3.24	3.65	2.86	2.33	2.54
K ₂ O	6.61	7.26	7.63	6.85	5.82	5.48
H ₂ O	16.37	16.64	16.69	16.75	16.92	16.77
total	101.12	101.58	102.26	101.96	101.51	100.19
Si ⁴⁺	10.326	9.943	9.993	9.934	10.234	10.345
Al ³⁺	6.284	6.195	6.093	6.294	6.160	5.957
Ca ²⁺	0.832	0.866	0.764	0.858	0.729	0.838
Ba ²⁺	0.273	0.260	0.286	0.279	0.278	0.232
Sr ²⁺	0.014	0.014	0.008	0.018	0.014	0.012
Na ⁺	1.244	1.329	1.526	1.190	0.961	1.057
K ⁺	1.853	2.000	2.098	1.876	1.579	1.500
ΣCa+Ba+Sr+Na+K	4.216	4.499	4.682	4.221	3.561	3.639
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.62	0.61	0.62	0.61	0.62	0.63

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 32 kyslíků, H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

Tabulka 4 Chemické složení phillipsitu-Ca z Libé (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	46.09	50.03	46.87	45.06	44.62	43.92	46.02
Al ₂ O ₃	22.87	22.54	22.39	23.17	23.17	22.87	23.08
CaO	7.77	7.55	7.69	7.99	7.71	7.77	7.88
BaO	0.73	0.89	0.68	0.72	0.72	0.74	0.63
Na ₂ O	0.33	0.44	0.42	0.26	0.32	0.18	0.37
K ₂ O	4.71	4.95	5.25	5.09	4.65	4.54	3.78
H ₂ O*	16.25	17.07	16.37	16.13	15.97	15.74	16.22
total	98.75	103.47	99.67	98.42	97.16	95.76	97.98
Si ⁴⁺	10.204	10.543	10.303	10.052	10.053	10.042	10.205
Al ³⁺	5.966	5.599	5.800	6.091	6.152	6.163	6.033
Ca ²⁺	1.842	1.704	1.811	1.910	1.861	1.903	1.872
Ba ²⁺	0.064	0.058	0.058	0.063	0.064	0.066	0.055
Na ⁺	0.141	0.180	0.180	0.113	0.141	0.080	0.160
K ⁺	1.330	1.329	1.471	1.448	1.338	1.324	1.068
ΣCa+Ba+Na+K	3.377	3.271	3.520	3.534	3.404	3.373	3.155
H ₂ O	12	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.63	0.65	0.64	0.62	0.62	0.62	0.63

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 32 kyslíků, H₂O* bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

race Sr zjištěny u thomsonitu-Ca z Tachovského vrchu (0.38 *apfu*) (Pauliš et al. 2017) a z Babětína u Těchlovic (0.39 *apfu*) (Pauliš et al. 2018b). V zahraničí však byly zjištěny strontnaté thomsonity s podstatně vyššími obsahy Sr. Nejvyšší obsahy Sr (5.68 *apfu*) má samostatně vyčleněný minerální druh thomsonit-Sr, který byl popsán z alkalického pegmatitu v Chibinském masivu

na Kolském poloostrově v Rusku (Pekov et al. 2001). Empirický vzorec thomsonitu-Ca (průměr osmi bodových analýz) je na bázi 20 kyslíků možno vyjádřit jako $\text{Ca}_{1.79}\text{Sr}_{0.18}\text{Na}_{1.05}(\text{Al}_{4.81}\text{Si}_{5.15})\text{O}_{20}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.52$ tohoto thomsonitu se nachází ve spodní části rozmezí uváděného pro tento zeolit (0.50 - 0.56) (Coombs et al. 1997).



Obr. 5 Radiálně paprskité agregáty thomsonitu-Ca z Libé, šířka záběru 40 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 6 Polokulovité agregáty natrolitu s drobnými krystaly kalcitu, narůstající na phillipsit z Libé, šířka záběru 20 mm, foto P. Fuchs.

Tabulka 5 Rentgenová prášková data thomsonitu-Ca z Libé

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	0	9.211	14	9.250	4	3	3	2.2531	7	2.2517	3	6	5	1.5696	1	1.5693
2	0	0	6.583	16	6.553	0	5	3	2.2474	1	2.2477	0	6	6	1.5505	<1	1.5498
0	2	0	6.526	58	6.528	2	4	4	2.1903	5	2.1909	6	6	0	1.5413	1	1.5416
1	0	2	5.887	10	5.911	4	4	2	2.1824	11	2.1832	3	1	8	1.5377	1	1.5376
2	1	1	5.366	2	5.356	0	6	0	2.1746	45	2.1761	4	3	7	1.5342	1	1.5336
0	2	2	4.638	27	4.649	3	5	2	2.1241	3	2.1231	5	7	0	1.5197	<1	1.5197
2	2	1	4.614	100	4.566	1	6	1	2.1208	4	2.1191	5	7	1	1.5097	1	1.5098
1	3	0	4.128	45	4.130	1	2	6	2.0642	9	2.0653	3	2	8	1.5066	1	1.5065
1	3	1	3.944	2	3.943	6	2	1	2.0465	1	2.0465	5	2	7	1.4933	1	1.4936
2	2	2	3.783	1	3.792	1	5	4	2.0238	1	2.0259	5	7	2	1.4815	1	1.4812
1	3	2	3.506	2	3.505	6	2	2	1.9752	2	1.9769	0	4	8	1.4770	1	1.4767
3	2	1	3.501	25	3.501	3	0	6	1.9707	1	1.9704	1	4	8	1.4674	3	1.4674
4	0	0	3.277	5	3.276	2	5	4	1.9584	1	1.9570	0	8	4	1.4638	7	1.4640
0	4	0	3.264	5	3.264	4	5	2	1.9502	3	1.9514	3	6	6	1.4606	6	1.4606
2	2	3	3.200	7	3.194	2	6	3	1.8715	1	1.8707	7	4	4	1.4578	1	1.4581
2	3	2	3.174	18	3.180	6	4	0	1.8148	8	1.8153	1	1	9	1.4538	1	1.4536
1	4	1	3.079	4	3.081	1	4	6	1.8119	7	1.8112	9	1	0	1.4472	1	1.4472
4	0	2	2.940	3	2.937	1	2	7	1.8003	3	1.8003	9	1	1	1.4387	1	1.4386
2	4	0	2.918	24	2.922	4	6	1	1.7961	3	1.7960	5	7	3	1.4365	<1	1.4370
4	2	1	2.860	25	2.859	7	2	1	1.7835	1	1.7833	1	9	1	1.4338	<1	1.4335
2	4	1	2.853	39	2.853	1	7	2	1.7795	2	1.7788	4	8	2	1.4262	2	1.4266
2	4	2	2.674	39	2.673	2	7	1	1.7777	1	1.7778	9	0	2	1.4223	2	1.4222
4	1	3	2.5793	4	2.5793	7	3	0	1.7196	11	1.7198	5	5	6	1.4173	1	1.4180
1	4	3	2.5754	2	2.5737	3	7	0	1.7153	2	1.7154	6	2	7	1.3968	<1	1.3971
4	3	1	2.5683	5	2.5679	2	3	7	1.6773	1	1.6776	0	3	9	1.3939	<1	1.3943
1	5	0	2.5593	6	2.5610	8	0	0	1.6372	<1	1.6382	8	4	3	1.3897	<1	1.3897
5	1	1	2.5228	<1	2.5228	0	8	0	1.6319	3	1.6321	6	7	2	1.3870	1	1.3870
3	4	2	2.4294	9	2.4322	2	6	5	1.6282	1	1.6288	1	8	5	1.3816	<1	1.3818
2	5	1	2.3863	1	2.3861	5	6	2	1.6233	3	1.6232	8	5	1	1.3803	2	1.3802
4	4	0	2.3108	3	2.3124	8	1	1	1.6135	4	1.6133	5	8	1	1.3777	<1	1.3779
1	4	4	2.2901	1	2.2890	8	2	0	1.5885	2	1.5889	6	3	7	1.3585	<1	1.3588
5	2	2	2.2814	2	2.2833	0	8	2	1.5844	2	1.5847	5	8	2	1.3556	<1	1.3561
4	4	1	2.2763	<1	2.2780	1	8	2	1.5731	3	1.5732	9	3	2	1.3516	<1	1.3518

Natrolit

Poměrně hojným minerálem lokality je natrolit, který byl nalezen v jižní i jihozápadní části kamenolomu. Na puklinách a v plochých dutinách nefelinitu vytváří většinou polokulovitě jehličkovité až ježkovité, radiálně paprskovité agregáty sněhově bílé barvy (obr. 6, 7). Jednotlivé jehličkovité krystaly mají čiré zakončení. Na lokalitě však byly zjištěny i vějířovité agregáty čirého natrolitu, který srůstá s podobným gonnarditem. Povrch sférických agregátů natrolitu je často zbarven povlaky jílových minerálů do světlé žluté, žlutozelené až šedozelené barvy nebo jsou natrolitové polokoule pokryté černohnědými vyloučeninami oxidů Fe a Mn. Velikost kulovitých a ježkovitých agregátů dosahuje běžně 5 mm, vzácněji 1 cm. V drobných dutinách vytváří tento minerál samostatné čiré sloupečkovité krystaly nebo jejich skupiny o velikosti kolem 1 mm. Natrolit ve většině případů narůstá na drobně krystalované kůry phillipsitu. Nalezeny byly i bílé kulovité agregáty natrolitu uzavřené v šedozeleném jílovém minerálu.

Rentgenová prášková data natrolitu z Libé (tab. 8) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 9 porovnány s publikovanými daty pro tento zeolit.

V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 10) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Vedle dominantního obsahu Na obsahuje tento natrolit malou příměs Ca (0.05 *apfu*). Empirický vzorec natrolitu z Libé (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 10 kyslíků možno vyjádřit jako $\text{Na}_{1.60}\text{Ca}_{0.05}(\text{Al}_{2.08}$

$\text{Si}_{3.02})\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.59$ tohoto natrolitu se nachází při spodní hranici publikovaného rozmezí (0.59 - 0.62) (Coombs et al. 1997).

Gonnardit

S čirým natrolitem v některých agregátech srůstá vzhledově podobný gonnardit. V dutinách nefelinitu, až 10 cm velkých, tvoří většinou čiré či bílé shluky plochých jehlicovitých krystalů o velikosti do 2 mm, které vytvářejí vějířovité uspořádané agregáty, narůstající na podklad krystalovaného phillipsitu (obr. 8).

Rentgenová prášková data gonnarditu z Libé (tab. 11) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely dobře odpovídají publikovaným údajům (tab. 12).

V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 13) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Sr a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Vedle Na (3.14 *apfu*) a Ca (2.21 *apfu*) obsahuje tento natrolit malou příměs Sr (0.02 *apfu*). Empirický vzorec gonnarditu z Libé (průměr čtyř bodových analýz) je na bázi 40 kyslíků možno vyjádřit jako $(\text{Na}_{3.14}\text{Ca}_{2.21}\text{Sr}_{0.02})_{\Sigma 5.37}(\text{Al}_{8.92}\text{Si}_{11.41})_{\Sigma 20.33}\text{O}_{40} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.56$ tohoto gonnarditu se nachází ve střední části rozmezí uváděného pro tento zeolit (0.52-0.59) (Coombs et al. 1997).

Kromě zeolitů byly na této lokalitě nalezeny další minerály. Jde o **kalцит**, který je vedle jílového minerálu nejmladším minerálem popsané asociace. Nejčastěji zcela vyplňuje drobné dutiny se zeolity v nefelinitu. Ve větších dutinách ojedinele tvoří mléčně bílé, až 1 cm velké, nízké

Tabulka 6 Parametry základní cely thomsonitu-Ca (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pncn*)

		a [Å]	b [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Libá	tato práce	13.105(5)	13.857(5)	13.247(6)	2266.7(6)
	Stahl et al. (1990)	13.1043(14)	13.0569(18)	13.2463(30)	2266.46
Tachov	Pauliš et al. (2017)	13.1081(14)	13.0558(18)	13.2448(16)	2266.7(5)
Jehla	Pauliš et al. (2015)	13.104(2)	13.056(1)	13.247(2)	2266.4(6)
Babětín	Pauliš et al. (2018b)	13.1049(12)	13.0559(13)	13.2464(12)	2266.4(4)
Heřmanice	Pauliš et al. (2018a)	13.104(2)	13.0570(19)	13.245(3)	2266.2(6)
Hackenberg	Pauliš et al. (2014)	13.104(2)	13.056(1)	13.247(2)	2266.4(6)

Tabulka 7 Chemické složení thomsonitu-Ca z Libé (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	36.40	36.41	36.07	35.61	37.09	37.45	35.88	36.38	36.31
Al ₂ O ₃	28.89	29.52	28.95	29.33	28.73	28.54	28.37	28.12	29.57
CaO	11.84	11.79	11.91	11.77	11.92	12.07	11.79	11.70	11.78
SrO	2.18	2.36	2.36	2.66	1.05	1.08	2.71	2.68	2.52
Na ₂ O	3.74	3.62	3.58	3.75	3.85	3.95	3.68	3.61	3.84
H ₂ O*	12.72	12.82	12.68	12.68	12.67	12.84	12.56	12.59	12.84
total	95.77	96.52	95.55	95.80	95.31	95.93	94.99	95.08	96.86
Si ⁴⁺	5.146	5.110	5.118	5.054	5.266	5.247	5.136	5.196	5.089
Al ³⁺	4.814	4.882	4.891	4.906	4.807	4.712	4.786	4.734	4.884
Ca ²⁺	1.793	1.772	1.815	1.790	1.813	1.811	1.808	1.790	1.769
Sr ²⁺	0.178	0.192	0.194	0.228	0.086	0.088	0.225	0.222	0.205
Na ⁺	1.025	0.985	0.986	1.032	1.059	1.072	1.022	0.999	1.043
ΣCa+Sr+Na	2.996	2.949	2.995	3.050	2.958	2.971	3.055	3.011	3.017
H ₂ O	6	6	6	6	6	6	6	6	6
T _{Si}	0.52	0.51	0.51	0.51	0.52	0.53	0.52	0.52	0.51

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 20 kyslíků, H₂O* bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 6 H₂O.

Tabulka 8 Rentgenová prášková data natrolitu z Libé

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
2	2	0	6.496	100	6.522	5	3	1	2.840	4	2.845	8	4	2	1.7427	2	1.7435
1	1	1	5.884	14	5.884	4	6	0	2.5643	<1	2.5646	4	10	0	1.7224	1	1.7209
0	4	0	4.627	6	4.642	1	7	1	2.4401	1	2.4391	10	4	0	1.7033	<1	1.7046
4	0	0	4.570	3	4.581	7	1	1	2.4106	1	2.4126	0	0	4	1.6491	1	1.6484
1	3	1	4.405	12	4.382	4	4	2	2.3145	1	2.3184	8	8	0	1.6316	1	1.6304
3	1	1	4.343	2	4.356	3	7	1	2.2782	2	2.2827	6	8	2	1.6129	1	1.6120
2	4	0	4.138	8	4.141	7	3	1	2.2717	5	2.2645	10	0	2	1.6022	2	1.6017
4	2	0	4.102	4	4.108	6	6	0	2.1733	1	2.1739	7	9	1	1.5726	<1	1.5737
4	4	0	3.256	<1	3.261	1	3	3	2.0566	<1	2.0581	0	12	0	1.5452	<1	1.5474
1	5	1	3.184	3	3.187	1	9	1	1.9582	<1	1.9578	10	4	2	1.5138	<1	1.5142
5	1	1	3.151	2	3.157	1	5	3	1.8803	1	1.8815	11	5	1	1.4828	<1	1.4812
0	2	2	3.103	2	3.107	8	2	2	1.8453	2	1.8437	4	12	0	1.4667	<1	1.4661
2	2	2	2.949	4	2.942	8	6	0	1.8410	2	1.8412	10	8	0	1.4389	<1	1.4383
6	2	0	2.893	31	2.901	2	10	0	1.8230	1	1.8199	2	6	4	1.4372	1	1.4369
3	5	1	2.857	5	2.859	7	7	1	1.7940	1	1.7931	9	9	1	1.4158	<1	1.4155

Tabulka 9 Parametry základní cely natrolitu (pro ortorombickou prostorovou grupu Fdd2)

	tato práce	Alberti et al. (1995)	Jehla (Pauliš et al. 2015)	Babětin (Pauliš et al. 2018b)
<i>a</i> [Å]	18.326(7)	18.3469(70)	18.376(5)	18.338(10)
<i>b</i> [Å]	18.569(7)	18.5610(40)	18.552(5)	18.565(9)
<i>c</i> [Å]	6.594(3)	6.587(4)	6.585(2)	6.587(4)
<i>V</i> [Å ³]	2243.8(9)	2243.12	2244(1)	2241(1)

Tabulka 10 Chemické složení natrolitu z Libé (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	48.07	48.02	48.38	47.84	48.48	47.61
Al ₂ O ₃	28.05	28.53	28.00	28.25	27.28	28.17
CaO	0.70	0.87	0.73	0.70	0.59	0.60
Na ₂ O	13.18	13.00	12.62	13.41	13.53	13.33
H ₂ O	9.55	9.59	9.55	9.56	9.53	9.51
total	99.55	100.01	99.28	99.76	99.41	99.22
Si ⁴⁺	3.017	3.001	3.037	3.001	3.050	3.002
Al ³⁺	2.075	2.101	2.072	2.089	2.023	2.073
Ca ²⁺	0.047	0.058	0.049	0.047	0.040	0.041
Na ⁺	1.603	1.575	1.536	1.631	1.650	1.630
H ₂ O	2	2	2	2	2	2
T _{Si}	0.59	0.59	0.59	0.59	0.60	0.59

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 10 kyslíků, H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 2 H₂O.



Obr. 7 Radiálně paprskovitý agregát natrolitu s kalcitem a phillipsitem z Libé, šířka záběru 8 mm, foto B. Bureš.



Obr. 8 Dutina v bazaltu vyplněná krystaly gonnarditu s natrolitem z Libé, velikost vzorku 9 × 3 cm, foto P. Fuchs.

Tabulka 11 Rentgenová prášková data gonnarditu z Libé

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	2	0	6.605	100	6.610	4	0	2	2.3437	6	2.3392	3	7	0	1.7419	11	1.7359
1	0	1	5.886	27	5.921	2	5	1	2.3048	3	2.3019	4	3	3	1.6919	1	1.6945
2	2	0	4.684	93	4.674	3	5	0	2.2664	4	2.2673	5	2	3	1.6442	5	1.6414
2	1	1	4.400	34	4.410	2	4	2	2.2041	15	2.2052	5	5	2	1.6299	3	1.6280
3	1	0	4.190	39	4.181	1	0	3	2.1707	1	2.1772	2	0	4	1.6069	3	1.6059
3	0	1	3.674	1	3.669	6	2	0	2.0989	2	2.0903	1	6	3	1.5471	1	1.5487
0	4	0	3.314	5	3.305	6	1	1	2.0631	1	2.0651	7	3	2	1.5374	1	1.5374
3	2	1	3.206	29	3.208	5	1	2	2.0391	<1	2.0414	5	4	3	1.5072	<1	1.5079
1	1	2	3.109	6	3.121	5	4	1	1.9710	2	1.9711	0	4	4	1.4812	6	1.4802
2	0	2	2.964	14	2.960	3	6	1	1.8881	2	1.8889	3	6	3	1.4682	1	1.4701
2	4	0	2.950	17	2.956	5	3	2	1.8733	1	1.8707	8	2	2	1.4395	2	1.4430
4	1	1	2.888	86	2.886	1	4	3	1.8216	5	1.8182	7	6	1	1.3989	1	1.4015
1	3	2	2.603	13	2.596	2	6	2	1.7703	1	1.7676	4	8	2	1.3498	<1	1.3497
4	3	1	2.4603	15	2.4556												

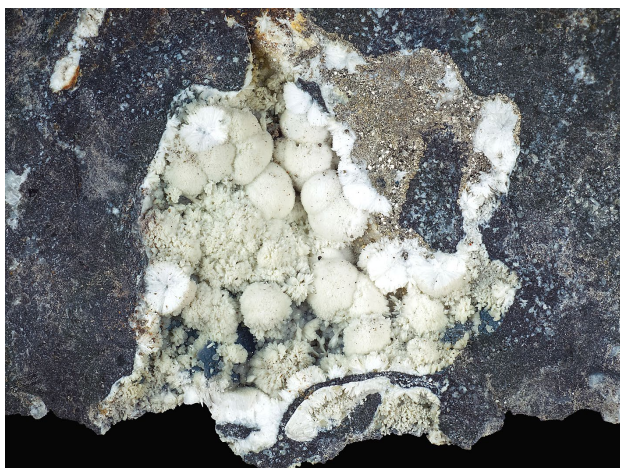
Tabulka 12 Parametry základní cely gonnarditu (pro ortorombickou prostorovou grupu I-42d)

	tato práce	Artioli, Torres Salvador (1991)
<i>a</i> [Å]	13.221(8)	13.2163(3)
<i>c</i> [Å]	6.6222(6)	6.6233(4)
<i>V</i> [Å ³]	1157.4(8)	1156.9

Tabulka 13 Chemické složení gonnarditu z Libé (hm. %)

	mean	1	2	3	4
SiO ₂	42.99	42.13	43.51	43.01	43.32
Al ₂ O ₃	28.52	28.35	28.20	28.89	28.62
CaO	7.77	7.43	5.50	8.89	9.26
SrO	0.24	0.18	0.26	0.32	0.19
Na ₂ O	6.11	6.33	7.38	5.46	5.28
H ₂ O	13.56	13.36	13.49	13.67	13.70
total	99.19	97.78	98.34	100.24	100.37
Si ⁴⁺	11.406	11.345	11.602	11.316	11.374
Al ³⁺	8.918	8.999	8.864	8.957	8.856
Ca ²⁺	2.210	2.144	1.572	2.506	2.604
Sr ²⁺	0.024	0.018	0.026	0.032	0.019
Na ⁺	3.144	3.304	3.816	2.786	2.688
H ₂ O	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.56	0.56	0.57	0.56	0.56

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 40 kyslíků, H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.



Obr. 9 Radiálně paprskovité agregáty natrolitu s pyritem z Libé, šířka záběru 30 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 10 Skalenoedrické krystaly kalcitu narostlé na phillipsitu z Libé, šířka záběru 20 mm, foto P. Fuchs.

ce klencové, často korodované krystaly, nebo žlutohnědé srůsty skalenoedrických krystalů (obr. 10) narůstajících na phillipsit. Místy je hojnější **pyrit**, který tvoří akumulace drobných, zlatožlutých, kovově lesklých zrn v hornině. Na puklinách pak vytváří jemně zrnité povlaky přecházející vzácně do drůzovité kůry s drobnými (0.1 mm) krychlovými, silně lesklými krystaly (obr. 9). Poslední součástí výplní dutin a puklin v bazaltech je blíže neidentifikovaný žlutavý jílový minerál, tvořící tenké povlaky na minerální výplni dutin či zcela vyplňující některé drobnější dutiny.

Závěr

V činném kamenolomu založeném v terciérním výlevu olivinitického nefelinitu byla nově zjištěna zeolitová mineralizace s phillipsitem-K, phillipsitem-Ca, thomsonitem-Ca, natrolitem a gonnarditem. Spolu s nimi se v puklinách a dutinách nefelinitu vyskytují kalcit, pyrit a jílový minerál. Thomsonit obsahuje zvýšený podíl Sr (0.18 *apfu*). Lokality je i nadále perspektivním výskytem zeolitové mineralizace; do budoucna nelze vyloučit nálezy dalších druhů, zvláště z natrolitové skupiny.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za fotografie minerálů P. Fuchsovi a B. Burešovi. Dále autoři děkují jednateli společnosti Basalt CZ s.r.o. Ing. L. Boučkovi Ph.D. za poskytnuté materiály. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2019-2023/1.1.b, 00023272).

Literatura

- ALBERTI A, CRUCIANI G, DAURU I (1995) Order-disorder in natrolite-group minerals. *Eur J Mineral* 7: 501-508
- ARTIOLI G, TORRES SALVADOR MR (1991) Characterization of the natural zeolite gonnardite. Structure analysis of natural and cation exchanged species by the Rietveld method. *Materials Science Forum* 1156.1
- COOMBS DS, ALBERTI A, ARMBRUSTER T, ARTIOLI G, COLELLA C, GALLI E, GRICE JD, LIEBAU F, MANDARINO JA, MINATO H, NICKEL EH, PASSAGLIA E, PEACOR DR, QUARTIERI S, RINALDI R, ROSS M, SHEPPARD RA, TILLMANN E, VEZZALINI G (1997) Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Can Mineral* 35: 1571-1606
- ČTYŘOKÝ V, KOUBEK M (1959) Průzkum čediče 1957 - 1959 - Libá u Hazlova. MS archiv ČGS-Geofond Praha GF FZ003005
- GATTA GD, CAPPELLETTI P, ROTIROTI N, SLEBODNICK C, RINALDI R (2009) New insights into the crystal structure and crystal chemistry of the zeolite phillipsite. *Am Mineral* 94: 190-199
- HRZINA P, KOROŠ I, KRUTSKÝ J (2016) Libá, geologický průzkum (č. ložiska 3 019900), závěrečná zpráva s výpočtem zásob. MS archiv ČGS-Geofond Praha GF FZ007249
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>. přístup duben 2011
- KRATOCHVÍL J (1961) Topografická mineralogie Čech IV. NČSAV Praha
- KRUTSKÝ J (2019) Geologická dokumentace hornické činnosti na výhradním ložisku Libá (B3 019 000) v DB Libá, Libá I a Libá II za rok 2018 těžebního organizací BAZALT CZ s.r.o. MS GET Praha
- PAULIŠ P, SVEJKOVSKÝ J, JANEČEK O, HRŮZEK L, DVOŘÁK Z, JEBAVÁ I (2013) Offretit z kamenolomu Vrbička u Valče v Doupovských horách. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz* 21, 2: 171-178
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2014) Cowlesit a doprovodná mineralizace z vrchu Hackenberg u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22, 2: 248-260
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2015) Tschernichit, garronit-Ca a doprovodná zeolitová mineralizace z Jehly u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23, 2: 147-170
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F (2016a) Zeolitová mineralizace z Nového Oldřichova u Kamenického Šenova (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24, 1: 100-113
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2016b) Zeolitová mineralizace ze Svoru u Nového Boru (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24, 2: 194-204
- PAULIŠ P, JANEČEK O, HRŮZEK L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2017) Nordstrandit a zeolitová mineralizace fonolitu Tachovského vrchu u Doks (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 25, 1: 69-84
- PAULIŠ P, ZEMAN P, ZEMAN V, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O, RADOŇ M (2018a) Zeolitová mineralizace z Heřmanic u České Lípy (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 26, 2: 123-137
- PAULIŠ P, ZEMAN P, ZEMAN J, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O, RADOŇ M (2018b) Zeolitová mineralizace s thomsonitem-Ca z Babětína u Těchlovic v Českém středohoří (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 26, 1: 1-11
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, EKRT B, POUR O, FEDIUK F, JANEČEK O (2019) Zeolitová mineralizace ze Zaječeho vrchu a Poustevny u Nového Boru. *Bull Mineral Petrolog* 27, 2: 346-369
- PEKOV IV, TURCHKOVA AG, CHUKANOV NV, ZADOV AE, GRICHIN VG (2000) Chabazite-Sr, (Sr,Ca)[Al₂Si₄O₁₂]-6H₂O, a new zeolite mineral from Lovozero massif, Kola Peninsula. *Zap Vseross mineral Obšč* 129, 4: 54-58
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" (φPZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- STAHL K, KVICK A, SMITH JV (1990) Thomsonite, a neutron diffraction study at 13K. *Acta Crystallogr C* 46: 1370-1373