

<https://doi.org/10.46861/bmp.32.001>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Fluorapofylit-(K) a doprovodná zeolitová mineralizace z vrchu Bukovina u Chřibské v Lužických horách (Česká republika)

Fluorapophyllite-(K) and accompanying zeolite mineralization from Bukovina hill near Chřibská in Lužické hory Mts. (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, LIBOR HRŮZEK³⁾, OLDŘICH JANEČEK⁴⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾,
ONDŘEJ POUR⁵⁾ A MICHAL ČURDA⁵⁾

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⁾Pobřežní 1016, 471 14 Kamenický Šenov

⁴⁾Albrechtická 613, 434 01 Most

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

PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, DOLNÍČEK Z, POUR O, ČURDA M (2024) Fluorapofylit-(K) a doprovodná zeolitová mineralizace z vrchu Bukovina u Chřibské v Lužických horách (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 32(1): 1-7 ISSN 2570-7337

Abstract

Fluorapophyllite-(K) and associated zeolites were found in Cenozoic pyroclastic rocks in the rock cut of the forest path ca. 100 m from the top of the Bukovina hill (557 m above sea level) near Chřibská in the Lužické hory Mts., Czech Republic. The dominant component of mineralization is fluorapophyllite-(K), forming white crystals up to 15 mm in size, accompanied by chabazite-K and phillipsite-group minerals. The unit-cell parameters of fluorapophyllite-(K), refined from powder X-ray data, are a 9.001(2), c 15.795(3) Å and V 1279.71 Å³. Chemical analyses of fluorapophyllite-(K) (mean of 10 points) correspond to the empirical formula $(K_{0.85}Na_{0.16})_{\Sigma 1.01}(Si_{7.75}Al_{0.25})_{\Sigma 8.00}O_{20}F_{0.97} \cdot 8 H_2O$.

Key words: fluorapophyllite-(K), chabazite-K, phillipsite group, Cenozoic basaltic rocks, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Bukovina near Chřibská, Czech Republic

Obdrženo 6. 3. 2024; přijato 1. 6. 2024

Úvod

Popisovaná mineralizace byla zjištěna ve skalním zářezu lesní cesty cca 100 m j. od vrcholu kóty Bukovina (557 m n. m.), 3 km s. od Lísky a 2.5 km jz. od Chřibské v Lužických horách; výskyt se nachází na katastru obce Líska (GPS souřadnice: 50°50'41.382"N, 14°27'45.082"E).

Zatímco vlastní těleso Bukoviny tvoří alkalický olivinický bazalt kenozoického stáří, je jeho jižní svah, ve kterém byla zachycena popisovaná minerální asociace, tvořen bazaltickou pyroklastickou horninou (<https://mapy.geology.cz/geocr50/>). Tento drobný, ale zajímavý výskyt fluorapofylitu-(K) se zeolity zatím není v literárních pramenech zachycen, objeven byl druhým z autorů (L. H.) při jeho systematických rekognoskačních túrách v Lužických horách.

Trhliny s popisovanou mineralizací byly ve výchozu odhaleny nedávnými terénními pracemi při rozšiřování zpevněné lesní cesty. V dalších okolních výchozech pyroklastik nebyly mineralizované trhliny pozorovány. Na skalce je umístěna pamětní deska připomínající lesníka Josefa Řezáče (1945 - 1985), který se zasloužil o chov kamzičí zvěře. Tu lze v údolí pod skalkou potkat.

Metodika výzkumu

Vzorky byly homogenizovány třením v achátové misce v suspenzi ethanolu, umístěny na bezdifrakční Si nosič a poté analyzovány rentgenovou diffrakcí na práškovém rtg. difraktometru Bruker D8 Advance (Česká geologická služba) v Bragg-Brentanově uspořádání. Použito bylo CuK α záření a pozičně citlivého detektoru Lynx Eye XE. Difrakční záznam byl pořízen v úhlovém rozsahu 4 - 80° 2 θ s krokem 0.015° a načítacím časem 0.8 sekundy na krok. Získané rtg. difrakční záznamy byly kvalitativně vyhodnoceny v programu Diffrac. Eva (Bruker AXS, 2015) za pomoci databáze PDF 2 (ICDD 2021). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus (Panalytical). Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení fluorapofylitu-(K) a obou zeolitů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik Z. Dolníček) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 5 μ m, standardy: baryt (BaLa), albit (NaKa), sanidin (SiKa, AlKa, KKa), rodonit (MnKa), diopsid (MgKa), apatit (PKa), hematit



Obr. 1 Skalka s výskytem popisované mineralizace pod vrcholem Bukoviny. Foto P. Pauliš 2024.



Obr. 2 Tenké bílé žilkovité výplně trhlín v pyroklastických horninách ve skalce pod vrcholem Bukoviny. Foto P. Pauliš 2024.

→



Obr. 3 Krystal fluorapofylitu-(K) z Bukoviny u Chříbské. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 3 mm.



Obr. 4 Krystal fluorapofylitu-(K) narůstající na minerály skupiny phillipsitu z Bukoviny u Chříbské. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 3 mm.

(FeK α), ZnO (ZnK α), celestin (SK α , SrL α), RbGe sklo (RbL α), wollastonit (CaK α), halit (ClK α), F (FK α), chalkopyrit (CuK α), N (NK α) a wulfenit (PbM α). Získaná data byla korigována za použití algoritmu PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakterizace zjištěné mineralizace

Popisovaná mineralizace se vyskytuje na svislých trhlínách šedohnědých šikmo zvrstvených pyroklastických hornin přímo při okraji lesní cesty (obr. 1). Pyroklastika obsahují vedle až několik cm velkých úlomků bazaltu, zaoblených křemenů a ostrohanných kusů pískovce i fosilizované fragmenty dřeva a hypidiomorfně až idiomorfně omezené, až 10 mm velké černé vyrostlice *čedičového amfibolu*. Mocnost trhlín se pohybuje od mm do prvních cm (max. 3 cm), velikost otevřených dutin dosahuje plochy až 25 cm². Mineralizované trhliny jsou nápadné svým bělavým zbarvením (obr. 2). Přítomnost kalcitu nebyla v této asociaci zjištěna.

Nejčastějším minerálem zdejších trhlín je **fluorapofylit-(K)**. Většinou nemá prostor k vytvoření idiomorfních krystalů a trhliny buď zcela vyplňuje v podobě až 1 cm mocných žilek, nebo v nich vytváří bohaté povlaky na ploše až 5 × 5 cm, většinou tvořené nahodile orientovanými krystaly. Pokud jsou krystaly vyvinuté samostatně nebo ve srostlicích, mají tvar krátce sloupečkovitý (obr. 3) až izometrický, jsou oboustranně ukončené s více či méně výraznou bazální plochou. Jedná se většinou o větší krystaly o velikosti 5 až 15 mm. Největší krystaly však téměř vždy trhlina-



Obr. 5 Skupina krystalů fluorapofylitu-(K) z Bukoviny u Chřibské. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 7 mm.

Obr. 6 Nazelenalé krystaly fluorapofylitu-(K) z Bukoviny u Chřibské. Foto P. Fuchs, velikost vzorku je 25 x 15 mm.

Obr. 7 Krystal chabazitu-K s podlouhlým krystalem fluorapofylitu-(K) narůstající na minerály skupiny phillipsitu z Bukoviny u Chřibské. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 7 mm.



mi prorůstají a jen zřídka bývají zachované vcelku. Někdy mívají patrnou radiálně lupenitou stavbu. Větší individua jsou nesoudržná a více či méně albinizovaná. Někdy tvoří drobné, 1 až 5 mm dlouhé krystaly, narostlé naležato na phillipsitový podklad, někdy v asociaci s chabazitem-K (obr. 4). Tyto protáhlé krystaly jsou často oboustranně ukončené do vysoké špičky. Fluorapofylit-(K) bývá nejčastěji bílý, často s nádechem do zelena. Vzácnější jsou jeho krystaly se sytější zelenou barvou z tenkých žilek

(obr. 5 - 7). Čirý fluorapofylit-(K) je na lokalitě vzácný a jedná se vždy jen o krystaly o maximální velikosti 3 mm. Fluorapofylit-(K) poměrně rychle degraduje a trhliny s ním rychle vyvětrávají.

Rentgenová prášková data fluorapofylitu-(K) z Bukoviny (tab. 1) jsou blízká datům pro tento minerální druh. Zpřesněné parametry základní cely (tab. 2) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento minerál. V BSE obraze je chemicky homogenní, při studiu jeho chemického

Tabulka 1 Rentgenová prášková data fluorapofylitu-(K) z Bukoviny

d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l
7.8701	4	7.8973	0	0	2	2.2551	1	2.2550	3	2	3	1.6221	2	1.6221	3	1	8
7.8097	8	7.8180	1	0	1	2.2028	7	2.2029	2	1	6	1.6087	2	1.6086	2	1	9
6.3593	1	6.3622	1	1	0	2.1884	5	2.1886	1	0	7	1.5964	1	1.5985	4	2	6
4.5432	16	4.5441	1	0	3	2.1752	1	2.1750	3	0	5	1.5794	47	1.5795	0	0	10
4.4979	3	4.4987	2	0	0	2.1629	2	2.1633	4	0	2	1.5485	9	1.5483	3	2	8
3.9482	51	3.9486	0	0	4	2.1142	8	2.1141	3	1	5	1.5331	2	1.5329	1	1	10
3.9001	4	3.8992	2	1	1	2.1095	6	2.1095	3	2	4	1.5002	1	1.4996	6	0	0
3.5852	13	3.5852	2	1	2	2.0484	1	2.0482	3	3	2	1.4937	4	1.4937	3	1	9
3.3545	8	3.3550	1	1	4	2.0281	1	2.0281	2	2	6	1.4903	2	1.4903	2	0	10
3.1809	6	3.1811	2	2	0	2.0124	5	2.0119	4	2	0	1.4813	1	1.4808	5	3	3
2.9800	100	2.9805	1	0	5	1.9321	1	1.9323	3	1	6	1.4771	1	1.4769	5	2	5
2.9477	4	2.9465	3	0	1	1.9103	1	1.9099	4	1	4	1.4704	1	1.4702	2	1	10
2.8180	3	2.8183	2	1	4	1.8032	1	1.8031	3	0	7	1.4643	2	1.4640	4	1	8
2.8009	1	2.8002	3	1	1	1.7931	1	1.7926	4	2	4	1.4228	1	1.4226	6	2	0
2.6771	3	2.6768	3	1	2	1.7725	7	1.7725	2	1	8	1.4180	3	1.4179	1	0	11
2.6320	1	2.6324	0	0	6	1.7680	11	1.7679	3	1	7	1.4148	3	1.4147	2	2	10
2.5032	17	2.5031	3	1	3	1.6777	3	1.6775	2	2	8	1.3524	3	1.3523	2	1	11
2.4845	24	2.4847	2	1	5	1.6617	1	1.6615	2	5	1	1.3346	1	1.3346	3	2	10
2.4323	12	2.4324	1	1	6												

Tabulka 2 Parametry základní cely fluorapofylitu-(K) (pro tetragonální prostorovou grupu P4/mnc)

	a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Bukovina (tato práce)	9.001(2)	15.795(3)	1279.71
Cvikov (Pauliš et al. 2023)	9.0157(13)	15.7889(19)	1283.4(3)
Mt. St. Hilaire (Chao 1971)	8.965(3)	15.767(7)	1267.2
Great Notch 3 (Marriner et al. 1990)	8.969(1)	15.796(2)	1270.7

Tabulka 3 Chemické složení fluorapofylitu-(K) z Bukoviny (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	51.12	50.58	51.42	51.23	51.85	51.45	50.99	51.13	50.43	50.91	51.21
Al ₂ O ₃	1.38	1.56	1.43	1.44	1.44	1.43	1.09	1.50	1.37	1.20	1.37
CaO	24.99	24.60	24.87	24.93	24.62	25.25	25.02	25.28	25.32	24.82	25.25
K ₂ O	4.40	4.33	4.37	4.48	4.37	4.36	4.58	4.35	4.39	4.68	4.49
Na ₂ O	0.55	0.69	0.47	0.27	0.89	0.62	0.32	0.63	0.58	0.43	0.60
F	2.02	1.97	1.92	2.16	2.02	2.14	1.99	2.09	2.04	1.78	2.09
H ₂ O	15.77	15.78	15.75	15.86	15.60	15.78	15.75	15.86	16.08	15.74	15.91
-O=F	-0.85	-0.83	-0.81	-0.91	-0.85	-0.92	-0.84	-0.88	-0.86	-0.75	-0.88
total	99.37	98.68	99.42	99.46	100.00	100.03	98.90	99.96	98.35	98.81	100.04
Si	7.753	7.719	7.746	7.743	7.746	7.746	7.803	7.733	7.752	7.784	7.755
Al	0.247	0.281	0.254	0.256	0.254	0.254	0.197	0.267	0.248	0.216	0.245
Ca	4.061	4.022	4.014	4.037	3.941	4.057	4.102	4.096	4.005	4.066	4.097
K	0.851	0.843	0.840	0.864	0.833	0.837	0.894	0.839	0.861	0.913	0.867
Na	0.161	0.204	0.137	0.079	0.258	0.181	0.095	0.185	0.173	0.127	0.176
F	0.969	0.951	0.915	1.032	0.954	1.019	0.963	1.000	0.992	0.861	1.001
OH	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H ₂ O	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 20 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 8 H₂O.

složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, K, Na a F; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec fluorapofylitu-(K) (tab. 3) (průměr 10 bodových analýz) je na bázi 20 atomů O možno vyjádřit jako $(K_{0.85}Na_{0.16})_{\Sigma 1.01}(Si_{7.75}Al_{0.25})_{\Sigma 8.00}O_{20}F_{0.97} \cdot 8 H_2O$.

Spolu s fluorapofylitem-(K) byly na lokalitě zjištěny zeolity, chabazit-K a minerály ze skupiny phillipsitu. Makroskopicky nápadný je především **chabazit-K**, který je nejmladším a nejméně častým minerálem trhlín. Tvoří klasické bezbarvé, výrazně rýhované, klencové krystaly nasedající většinou na minerály skupiny phillipsitu. Jeho čiré krystaly dosahují velikosti 2 až 3 mm, vzácněji až 5 mm (obr. 7). Rentgenová prášková data chabazitu-K z Bukoviny (tab. 4) jsou blízka datům pro tento mine-

rální druh, zpřesněné parametry základní cely dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit (tab. 5). V BSE obraze je chabazit-K chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec chabazitu-K (tab. 6) (průměr osmi bodových analýz) je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $K_{1.99}Ca_{1.50}Na_{0.18}(Al_{3.45}Si_{8.12}O_{24}) \cdot 12 H_2O$. Vedle dominantního podílu K v kationtové složce chabazitu je zastoupen ve vyšší míře i Ca (1.45 - 1.55 *apfu*), v menší míře pak Na (0.12 - 0.28 *apfu*). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.70$ chabazitu-K z Bukoviny je ve střední části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Tabulka 4 Rentgenová prášková data chabazitu-Ca z Bukoviny

d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l
9.3599	29	9.3358	1	0	1	2.6808	9	2.6795	2	0	5	1.8046	22	1.8029	4	1	6
6.8974	11	6.8876	1	1	0	2.6051	19	2.6033	4	1	0	1.8016	8	1.8021	4	2	5
5.0037	18	4.9985	0	0	3	2.3507	3	2.3494	1	1	6	1.7862	3	1.7844	5	2	3
4.6725	6	4.6679	2	0	2	2.3103	2	2.3089	4	1	3	1.7690	5	1.7680	6	1	2
4.3222	86	4.3180	2	1	1	2.2972	7	2.2959	3	3	0	1.7226	13	1.7219	4	4	0
4.0543	1	4.0455	1	1	3	2.2749	3	2.2736	5	0	2	1.6918	4	1.6908	3	3	6
3.9794	4	3.9766	3	0	0	2.1601	2	2.1590	4	2	2	1.6666	7	1.6662	0	0	9
3.5784	44	3.5765	1	0	4	2.1209	2	2.1211	5	1	1	1.6452	7	1.6444	6	2	1
3.4466	19	3.4438	2	2	0	2.1100	1	2.1085	1	0	7	1.6201	1	1.6195	1	1	9
2.9271	100	2.9251	4	0	1	2.0874	10	2.0863	3	3	3	1.5794	4	1.5801	7	1	0
2.8846	48	2.8827	2	1	4	1.9357	1	1.9349	2	1	7	1.5564	12	1.5555	6	1	5
2.8379	5	2.8359	2	2	3	1.9113	4	1.9103	5	2	0	1.5204	4	1.5196	5	4	1
2.6940	3	2.6924	3	2	1	1.8685	10	1.8671	5	0	5	1.5152	3	1.5149	5	1	7

Tabulka 5 Parametry základní cely chabazitu (pro trigonální prostorovou grupu R-3m)

	a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
chabazit-K Bukovina (tato práce)	13.788(6)	14.996(8)	2468.76
chabazit-K Chibiny (Yakubovich et al. 2005)	13.831(3)	15.023(5)	2488.83
chabazit-Ca Soutěsky (Pauliš et al. 2021)	13.824(6)	15.0094(4)	2483.9(8)
chabazit-Ca Poustevna (Pauliš et al. 2019)	13.8088(4)	15.0395(3)	2482.5(7)
chabazit-Ca Heřmanice (Pauliš et al. 2018)	13.814(5)	15.0449(3)	2486.3(9)
chabazit-Ca Tachov (Pauliš et al. 2017)	13.833(8)	15.0213(3)	2490(1)
chabazit-Ca Hackenberg (Pauliš et al. 2014)	13.837(6)	15.0073(4)	2488(1)
chabazit-Ca Jehla (Pauliš et al. 2015)	13.820(6)	15.0226(4)	2484.9(1)

Tabulka 6 Chemické složení chabazitu-K z Bukoviny (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	46.28	45.88	45.19	46.61	47.17	46.46	46.39	45.85	46.67
Al ₂ O ₃	16.69	15.91	16.38	17.01	16.87	16.90	16.87	16.51	17.09
CaO	7.96	8.07	7.85	7.95	7.93	7.94	8.17	7.99	7.79
K ₂ O	8.90	8.66	8.96	8.87	9.23	8.90	8.49	8.84	9.29
Na ₂ O	0.54	0.44	0.38	0.36	0.45	0.65	0.81	0.45	0.75
H ₂ O	20.51	20.10	20.06	20.66	20.84	20.63	20.62	20.32	20.74
Total	100.88	99.06	98.82	101.46	102.49	101.48	101.35	99.96	102.25
Si ⁴⁺	8.119	8.211	8.104	8.221	8.145	8.102	8.094	8.119	8.097
Al ³⁺	3.451	3.355	3.463	3.490	3.432	3.475	3.470	3.445	3.495
Ca ²⁺	1.496	1.547	1.509	1.484	1.467	1.484	1.527	1.516	1.448
K ⁺	1.992	1.843	2.049	1.971	2.033	1.980	1.889	1.996	2.052
Na ⁺	0.183	0.153	0.131	0.121	0.151	0.220	0.275	0.155	0.252
H ₂ O	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.70	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 24 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

V asociaci nejstaršími jsou minerály ze skupiny **phillipsitu**, které pokrývají stěny trhlin souvislými kůrami tvořenými velmi drobnými krystaly o velikosti pod 1 mm. Krystaly jsou čiré či nažloutlé, nejsou sloupečkové, ale izometrické a narůstají na ně fluorapofylit-(K) i chabazit-K (obr. 4, 7). Rentgenová prášková data minerálu ze skupiny phillipsitu z Bukoviny (tab. 7) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 8 porovnány s publikovanými údaji pro tento zeolit. V BSE obraze jsou vzorky chemicky poměrně homogenní. Při studiu jejich chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Ba, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce.

Jde o phillipsit, ve kterém jsou obsahy K i Ca poměrně vyrovnané, v jednotlivých bodových analýzách lze tedy hovořit jak o **phillipsitu-K** i **-Ca**. V průměru převažuje K složka. V menším množství je v poměrně širokém rozmezí v kationtovém podílu zastoupen i Na (do 0.39 *apfu*). V malém množství byla u tohoto phillipsitu zjištěna i barnatá (harmotomová) složka (0.02 - 0.04 *apfu* Ba). Empirický vzorec „průměrného“ phillipsitu (tab. 9) (osm bodových analýz) je na bázi 32 atomů kyslíků možno vyjádřit jako $K_{1.76}Ca_{1.64}Na_{0.22}(Al_{4.87}Si_{11.02}O_{32}) \cdot 12 H_2O$; vypočtená hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.69$ je ve střední části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Tabulka 7 Rentgenová prášková data phillipsitu z Bukoviny

d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l
8.1602	5	8.1579	1	0	-1	3.5841	1	3.5754	0	0	2	2.8911	2	2.8907	2	0	1
7.1424	79	7.1507	0	0	1	3.4686	5	3.4677	0	1	-2	2.7522	13	2.7504	1	0	-3
6.3972	16	6.3899	0	1	1	3.2614	28	3.2620	1	4	0	2.7456	18	2.7458	1	4	1
5.3622	21	5.3633	1	2	0	3.2224	14	3.2210	3	0	-1	2.7003	14	2.7005	1	5	-1
5.0473	28	5.0447	0	2	1	3.1958	86	3.1949	1	3	-2	2.6882	19	2.6886	2	4	-2
4.9628	16	4.9552	2	0	-1	3.1866	100	3.1869	1	3	1	2.6790	8	2.6817	3	1	-3
4.3006	7	4.3013	-1	0	2	3.1419	25	3.1416	3	1	-1	2.5642	5	2.5656	1	2	2
4.1127	37	4.1174	1	3	0	3.0891	2	3.0932	2	3	0	2.5394	3	2.5402	3	2	0
3.6783	6	3.6813	1	2	1	2.9355	10	2.9345	3	2	-1						

Tabulka 8 Parametry základní cely phillipsitu (pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/m$)

			a [Å]	b [Å]	c [Å]	β [°]	V [Å ³]
phillipsit	Bukovina	tato práce	9.910(2)	14.235(2)	8.712(2)	124.84(3)	1008.9
phillipsit-K	Soutěšky	Pauliš et al. (2021)	9.924(3)	14.314(4)	8.740(2)	124.93(2)	1017.9(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. (2018)	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	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

Tabulka 9 Chemické složení phillipsitu z Bukoviny (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	52.87	50.52	52.56	49.97	55.30	55.04	54.23	50.12	55.26
Al ₂ O ₃	19.82	21.45	22.10	20.53	18.40	19.48	18.13	20.32	18.16
CaO	7.36	8.23	8.04	8.35	6.59	6.37	6.61	7.94	6.78
BaO	0.37	0.35	0.30	0.31	0.43	0.45	0.36	0.42	0.33
K ₂ O	6.64	6.60	6.76	6.51	6.72	6.78	6.76	6.57	6.39
Na ₂ O	0.53	0.83	0.67	0.00	0.54	0.98	0.23	0.63	0.38
H ₂ O	17.26	17.19	17.76	16.80	17.45	17.62	17.12	16.82	17.37
Total	104.88	105.17	108.18	102.47	105.43	106.72	103.49	102.82	104.67
Si ⁴⁺	11.017	10.998	10.654	10.699	11.405	11.234	11.396	10.718	11.448
Al ³⁺	4.868	5.290	5.278	5.182	4.473	4.687	4.490	5.122	4.434
Ca ²⁺	1.643	1.844	1.746	1.915	1.456	1.393	1.489	1.819	1.505
Ba ²⁺	0.030	0.029	0.023	0.026	0.034	0.036	0.029	0.035	0.027
K ⁺	1.765	1.762	1.749	1.778	1.767	1.766	1.813	1.791	1.688
Na ⁺	0.215	0.337	0.263	0.000	0.216	0.387	0.093	0.262	0.152
H ₂ O	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.69	0.68	0.67	0.67	0.72	0.71	0.72	0.68	0.72

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 32 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O; zvýšené sumy po dopočtu obsahu vody naznačují částečnou dehydrataci vzorku v komoře elektronového mikroanalýzátoru.

Závěr

Popisovaná mineralizace s fluorapofylitem-(K), chabazitem-K a minerály skupiny phillipsitu byla zjištěna ve skalním zářezu lesní cesty cca 100 m j. od vrcholu kóty Bukovina (557 m n. m.) u Chřibské v Lužických horách. Minerály byly zjištěny ve svislých trhlinách pyroklastických hornin přímo při okraji lesní cesty. Nejstarším minerálem trhlín je phillipsit, který obsahuje obdobné množství K i Ca složky. Dominantní složkou výplně trhlín je fluorapofylit-(K), tvořící až 15 mm velké krystaly. V malé míře se vyskytují drobné klencovité krystaly chabazitu-K. Kalcit ve výplni zjištěn nebyl. Časová posloupnost krystalizace popisované mineralizace na Bukovině je phillipsit-K a -Ca - fluorapofylit-(K) - chabazit-K.

Poděkování

Za poskytnutí fotografií minerálů děkují autoři P. Fuchsovi z Teplic. Recenzentům (Pavol Myšlan, Bratislava a Jiří Toman, Brno) náleží poděkování za konstruktivní připomínky, které přispěly k vylepšení rukopisu. Tato práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2024-2028/1.II.a, 00023272).

Literatura

- BRUKER AXS (2015) Diffrac.Eva, 4.1.Karlsruhe, Germany
- COOMBS DS, ALBERTI A, ARMBRUSTER T, ARTIOLI G, COLLELLA 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 S, 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
- 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
- CHAO GY (1971) The refinement of the crystal structure of apophyllite II. Determination of the hydrogen positions by X-ray diffraction. *Am Mineral* 56: 1234-1242
- ICDD (2021) International Center for Diffraction Data, 12 Campus Boulevard
- 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
- MARRINER GF, TARNEY J, LANGFORD JI (1990) Apophyllite group: effects of chemical substitutions on dehydration behavior, recrystallization products and cell parameters. *Mineral Mag* 54: 567-577
- 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 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 (2018): Zeolitová mineralizace z Heřmanic u České Lípy (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 26, 2: 123-137
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, MALÍKOVÁ R, EKRT B, POUR O, FEDIUK F, JANEČEK O (2019) Zeolitová mineralizace ze Zaječoho vrchu a Poustevny u Nového Boru (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 27, 2: 346-370
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, DOLNÍČEK Z, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2021) Böhmit a doprovodná zeolitová mineralizace ze Soutěsek u Děčína (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 29, 1: 164-177
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, JANEČEK O, POUR O, BUREŠ B, ŠREINOVÁ B (2023) Zeofylit, tobermorit, fluorapofylit-(K) a doprovodná zeolitová mineralizace z Křížového vrchu u Cvikova v Lužických horách (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 31, 1: 65-81
- POUCHOU JL, PICHOR F (1985) "PAP" ($\phi\phi Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- YAKUBOVICH OV, MASSA W, GAVRILENKO PG, PEKOV IV (2005) Crystal structure of chabazite K. *Kristallografiya* 50, 4: 595-604