

Provenience křišťálového artefaktu od Bohdalec na Českomoravské vrchovině

Provenance of a rock crystal artefact from Bohdalec in the Bohemian-Moravian Highlands

LUCIE ALEMBIK, MAREK SLOBODNÍK, PETR GADAS

Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, CZ-611 37 Brno; 490374@mail.muni.cz, marek@sci.muni.cz

Publikováno on-line 2. 12. 2023

Abstract: New rock crystal artefacts were discovered near the village of Bohdalec. They probably originate from a workshop for the processing of raw rock crystal materials in the same area. Rock crystals found in eluvial-fluvial sediments in a wider area were examined as comparative material. In the current study, fluid inclusions were investigated to determine the provenance of the examined materials. Optical microscopy, microthermometry and Raman spectroscopy were methods used for this work. The study of fluid inclusions showed that two- (L+V) and three- (L1±L2+V) phase aqueous-carbonic inclusions are present in the studied samples. Aqueous system H₂O-NaCl was identified in the Type 3 fluid inclusions (L+V). Type 1 (L1±L2+V) and Type 2 (L1±L2+V) inclusions contain a carbonic phase and an aqueous solution. Raman spectroscopy made it possible to specify the composition of the carbonic phase and to define the fluid system enclosed in the studied fluid inclusions (Type 1 and Type 2) as H₂O-NaCl-CO₂-CH₄-N₂. The results of the measurements were compared with published data from the same area, where the presence of fluids containing CO₂ was also documented, and the melting temperature of solid CO₂ also indicated the presence of other gases. The data acquired in this study and also their comparison with published data lead to the conclusion that the provenance of the found rock crystal artefacts could be located in the area between Žďár nad Sázavou – Nové Město na Moravě – Radostín nad Oslavou - Sklené nad Oslavou, and Bobrová.

Key words: Českomoravská vrchovina Highland, rock crystal artefacts, fluid inclusions, microthermometry, Raman spectroscopy, provenance, pegmatite

ÚVOD

Křišťálové artefakty se nacházely v průběhu let v oblasti archeologických nalezišť, v jejichž širokém okolí zdroje křišťálu neexistují, např. Žitného jeskyně v Moravském krasu nebo Nová Dědina u Kroměříže (Přichystal 1989). Na západní Moravě však byly zjištěny křišťálové artefakty přímo v prostoru výskytu přírodních zdrojů křišťálu a světlého citrínu. Jedna z takových oblastí je mezi Žďárem nad Sázavou a Velkým Meziříčím, kde jsou lokality Bobrůvka, Sklené nad Oslavou, Rousměrov, Jestřebí a další (Přichystal 1989). Dále pak okolí Brtnice a Kněžice (Diviš et Grepl 1984, Diviš 1995). Další povrchové sběry ukázaly, že první území lze rozšířit o křišťálové a silicitové artefakty z nalezišť Bobrůvka I až VI, Bohdalec, Cyrilov, Hodíškov, Kněževy, Krásnéves, Sklené nad Oslavou, Suky a další obce (Valoch 2004, Přichystal 2009). Křišťálová industrie byla také soustředěna v malém prostoru, v pomyslném centru stanice Nová Dědina I na Kroměřížsku (Klíma 1977). Studium provenience těchto křišťálových artefaktů s využitím fluidních inkluzí (FI) bylo započato již v 80. letech 20. století (Plch 1977, Staněk et Plch 1980). Nové rozšířené výzkumy s aplikací dalších metod (Ramanova spektroskopie, stabilní izotopy) na artefakty od Nové Dědiny s vysokou pravděpodobností indikují původ materiálu křišťálových artefaktů z prostoru Horní Bory-Cyrilov. Tato studie také uvádí argumenty pro použití dané metodologie a objasňuje určení provenience artefaktů do dané lokality (Přichystal et Slobodník 2017). Tento článek předkládá další výsledky výzkumu fluidních inkluzí z křišťálového artefaktu z pravděpodobné dílny na zpracování křišťálové suroviny u Bohdalec. Výsledky jsou porovnány s výsledky studia inkluzí křišťálů nacházejících

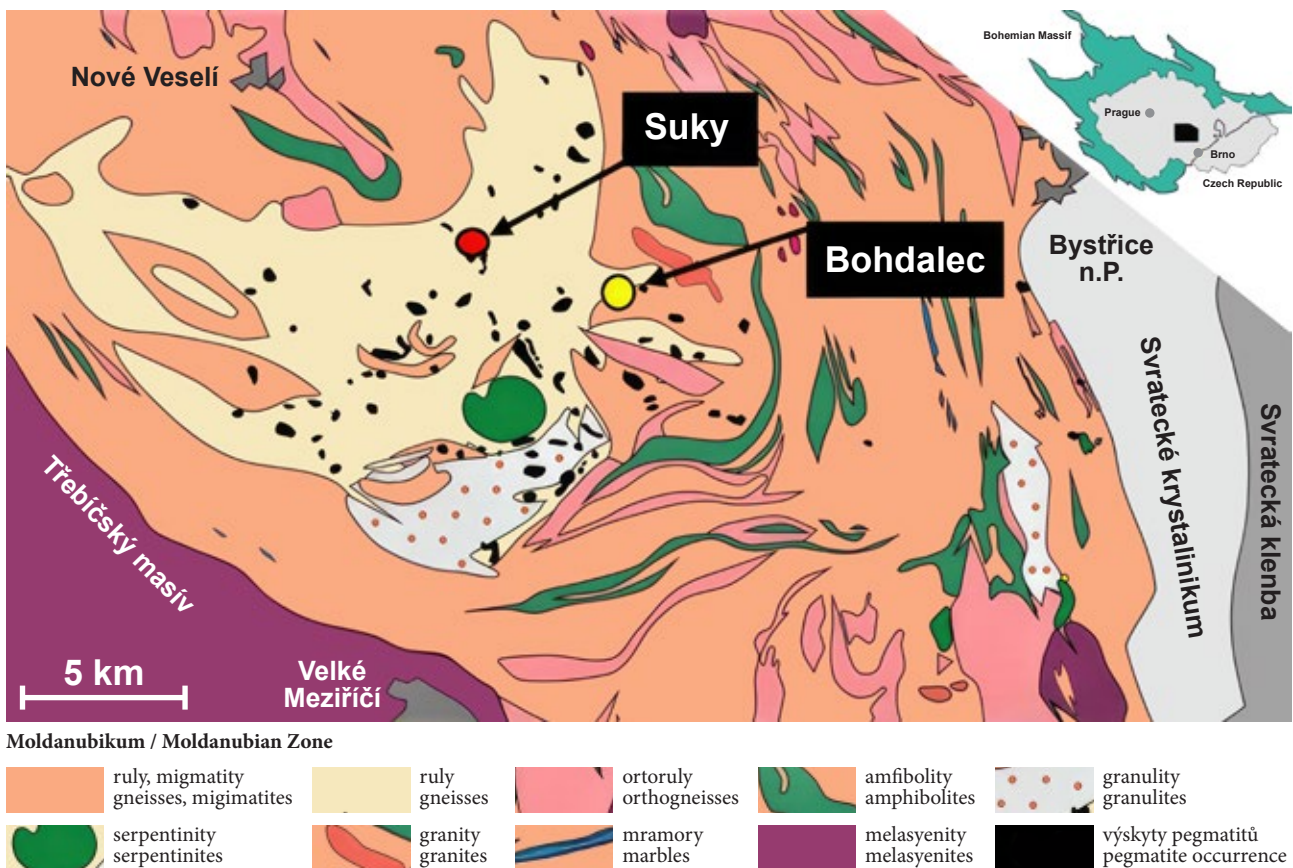
se v eluviu blízkého okolí a mohou tedy přispět k určení provenience křišťálových artefaktů.

GEOLOGICKÁ A GEOGRAFICKÁ POZICE ZKOUMANÉ OBLASTI

Křižanovská vrchovina je oblast, v níž se nachází obce Bohdalec a Suky, v jejichž okolí byly nalezeny křišťálové artefakty. Území je tvořeno pestrou skupinou moldanubika, které je označováno jako strážecké moldanubikum (obr. 1). Jsou zde zastoupeny zejména metamorfované horniny vyšší amfibolitové až granulitové facie, zejména s biotitickými, biotit-sillimanitickými až amfibol-biotitickými rulami, často silně migmatitizovanými a s vložkami leukokratických rul a amfibolitů. Kyanit-biotitické ruly se vyskytují v centrální oblasti, zatímco na jihu vystupuje borský granulitový masiv, serpentinizované spinelové a granátické peridotity. V okrajích oblasti, která je omezená na západě přibyslavským zlomovým pásmem, na jihu melasyenitý třebíčského plutonu, na východě moldanubickým nasunutím a na severu komplexem svrateckého krystalinika, se vyskytují dlouze protažená čočkovitá tělesa amfibolitů s menšími tělesy dolomitických mramorů. V rulách, migmatitech a granulitech centrální části strážeckého moldanubika se vyskytují četné, většinou drobné žíly jednoduchých, ale i komplexních pegmatitů variského stáří (Gadas et al. 2014).

MATERIÁL A METODIKA

Křišťálový artefakt (vzorek BHD1) s přibližným vzhledem zobrazeným v nákresu na obr. 2 (červeně), byl nalezen Petrem Gadasem povrchovým sběrem na poli v katastru obce Bohdalec. Jako srovnávací materiál byly odebrány

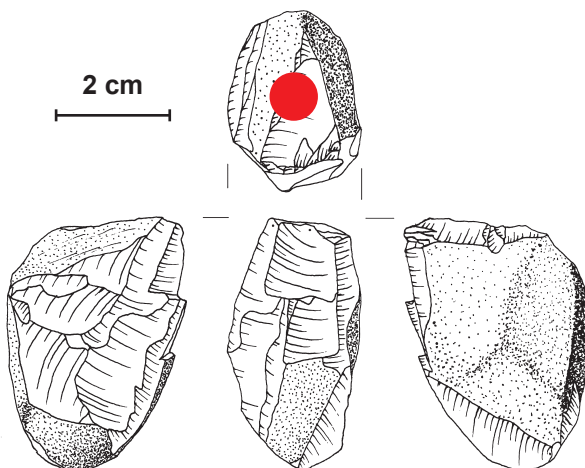


Obr. 1. Geologické schéma centrální části strážeckého moldanubika (upraveno podle Gadas et al. 2014).

Fig. 1. Geological diagram of the central part of the Strážek Moldanubicum (adapted from Gadas et al. 2014).

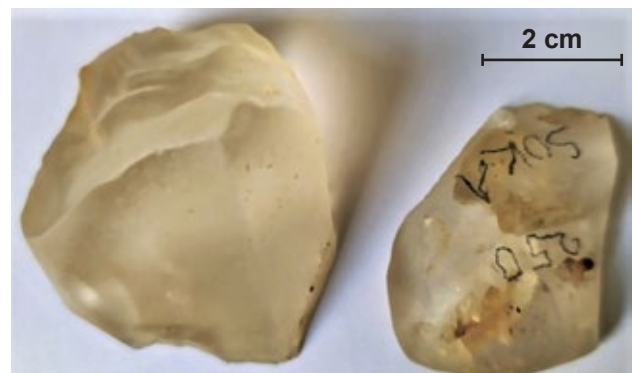
křemeny s křišťálovým charakterem z eluvio-fluviálních sedimentů z blízkého okolí. Vzorek BHD2 pochází z okolí Bohdalce a vzorek SUK1 z okolí Suků (obr. 3). Všechny vzorky byly jednotně zpracovány s aplikací stejných metod a podmínek: optické studium fluidních inkluzí, mikro-

termometrie a Ramanova spektroskopie. Ze vzorků byly připraveny oboustranně leštěné destičky o tloušťce 100–150 mikrometrů. Všechny laboratorní práce byly provedeny na ÚGV PŘF MU v Brně. Pro pozorování inkluzí ve vzorcích byl použit mikroskop Nikon Eclipse 80i s, objektivy Nikon LU PLAN ELWD, se zvětšením 4×, 10×, 20×, 50× a 100×. Fotodokumentace byla pořízena kamerou Pixelink. Mikrotermometrické parametry fluidních inkluzí byly měřeny v komoře Linkam THMSG 600, která může pracovat v teplotním rozsahu 600 °C až –196 °C. Fluidní inkluze (FI) byly



Obr. 2. Vybrané nákresy artefaktů z dílny u Bohdalce. Autor Andrej Púčať. Červeně označen přibližný vzhled artefaktu studovaného v této práci (vzorek BHD1).

Fig. 2. Selected drawings of artefacts from the workshop at Bohdalec. Del. Andrej Púčať. The approximate appearance of the artefact studied in this work (sample BHD1) is marked in red.



Obr. 3. Zkoumané křišťály (sběry z eluvia, zleva vzorek BHD2, a vzorek SUK1).

Fig. 3. Examined rock crystals (eluvium collections: samples BHD2 (left) and SUK1).

Tab. 1. Výsledky mikrotermometrických měření u jednotlivých typů inkluzí. (L = homogenizace na kapalinu, V = homogenizace na plyn, K = homogenizace kritickým způsobem, F = stupeň zaplnění inkluzí, P = primární FI, PS = pseudosekundární FI, S = sekundární FI, N = nebylo možné změřit, FI = fluidní inkluze, n = počet měřených inkluzí).

Tab.1. Results of microthermometric measurements for different types of inclusions. (L = homogenisation to liquid, V = homogenisation to gas, K = critical homogenisation, F = filling degree, P = primary FI, PS = pseudosecondary FI, S = secondary FI, N = could not be measured, FI = fluid inclusions, n = number of measured inclusions).

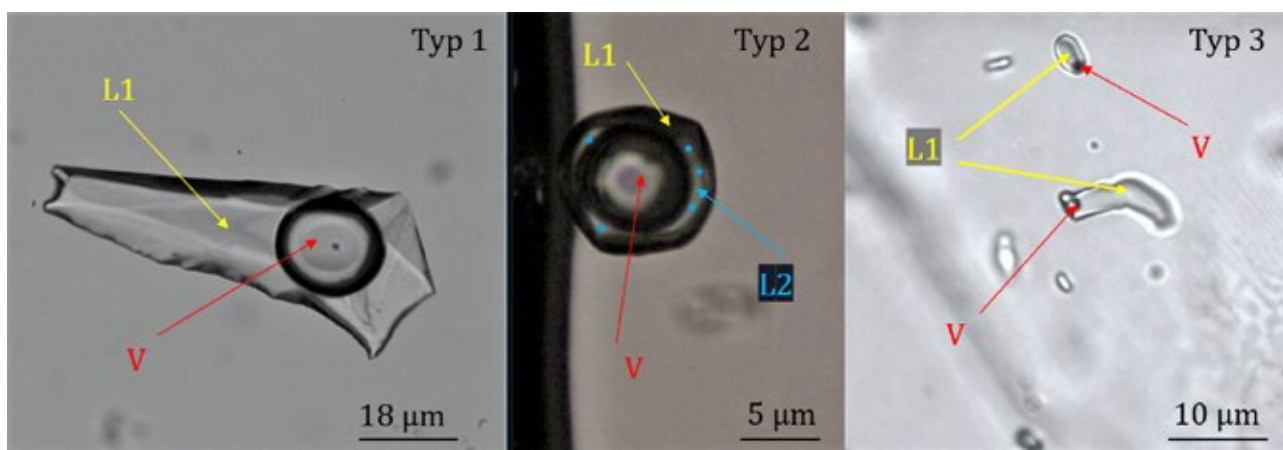
vzorek	Typ	n	geneze	fáze	F	$T_{h,tot}(^{\circ}\text{C})$	$T_{m,ice}(^{\circ}\text{C})$	$T_{h,car}(^{\circ}\text{C})$	$T_{m,CO_2}(^{\circ}\text{C})$	$T_{m,cla}(^{\circ}\text{C})$
BHD1	Typ 1	20	P	L1±L2+V	0,60-0,95	260/342 (L)	-3,2/-2,3	18,4/20,5(V)	-59,1/-56,6	10,0/12,1
	Typ 2	3	PS	L1±L2+V	0,40-0,60	N	-2,9/-2,1	N	-56,2/-55,6	11,0/11,5
	Typ 3	8	S	L+V	0,80-0,95	140/166(L)	-2,9/-2,2	N	N	N
BHD2	Typ 1	15	P	L1±L2+V	0,60-0,95	N	-4,7/-4,2	18,9/20,3(V)	-58,4/-56,6	8,2/12,3
	Typ 2	12	PS	L1±L2+V	0,40-0,60	332/385 (V)	-3,7/-2,4	20,5/20,7(K)	-58,8/-57,4	9,4/10,9
	Typ 3	4	S	L+V	0,80-0,95	N	N	N	N	N
SUK1	Typ 1	7	P	L1±L2+V	0,60-0,95	328/363 (L)	-3,2/-2,2	20,3/22,5(V)	-59,2/-56,3	10,5/12,9
	Typ 2	11	PS	L1±L2+V	0,40-0,60	265/351 (V)	-2,8/-0,2	N	-59,8/-58,5	12,2/15,8

klasifikovány podle zastoupených fází, kapaliny a plynu (L – liquid, V – vapour) při laboratorní teplotě (20 °C). Stupeň zaplnění F (poměr L/(L+V)) byl ve všech typech pozorovaných inkluzí odhadnut podle nákresů Shepherd et al. 1985. Při mikrotermometrických experimentech byly studovány následující hodnoty: eutektická teplota systému (T_e), teplota celkové (konečné) homogenizace ($T_{h,tot}$), teplota parciální homogenizace nevodné fáze ($T_{h,car}$), teplota tání CO_2 (T_{m,CO_2}), teplota tání ledu ($T_{m,ice}$) a teplota tání klatrátu ($T_{m,cla}$). Celkově bylo studováno 80 fluidních inkluzí. Vybrané fluidní inkluze byly měřeny na Ramanovském mikroskopu LabRam Evolution od firmy Horiba. Použit byl červený laser o vlnové délce 633 nm a objektivy se zvětšením 100× a 50×, mřížkou 600 vrypů/mm a doba načítání spektra byla nastavena na 5 sekund. Spektra byla zpracována v programu SpectraGryph (Menges 2021).

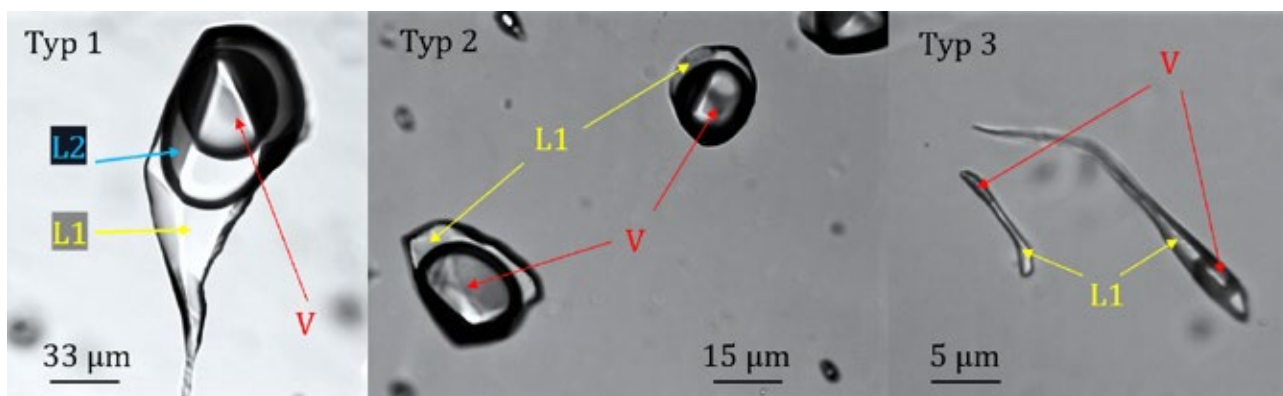
VÝSLEDKY STUDIA

Zkoumané vzorky byly křišťály, lehce zbarvené do žluta, bez minerálních inkluzí (obr. 3). Fluidní inkluze přítomné ve vzorcích lze podle obsahu a poměru fází přítomných v inkluzi za pokojové teploty a jejich genetického původu rozdělit do tří skupin. Inkluze typu 1 byly dvoj – a trojfázového složení (L1±L2+V), obsahovaly fázi vodného roztoku (L1), kapalnou nevodnou fázi (L2) a menší podíl plynné fáze (V) (tab. 1). Inkluze tohoto typu se vyskytovaly solitérně (obr. 4, 5, 6) a jejich velikost byla v rozmezí od 18 do 90 μm , spíše však převažovaly velikosti nad 50 μm . V tomto typu FI byla pozorována i jedna inkluze o větším rozměru (330 μm). Tvary tohoto typu inkluzí byly nepravidelné, často protažené do délky (obr. 4, 5, 6). U tohoto typu byla naměřena hodnota eutektické teploty (T_e) v rozsahu od -19 do -24 °C, což naznačuje přítomnost NaCl ve vodném roztoku (Davis et al. 1990). Teplota tání CO_2 (T_{m,CO_2}) byla naměřena mezi -59,2 až -56,3 °C. Hodnoty T_{m,CO_2} v intervalu od -59,2

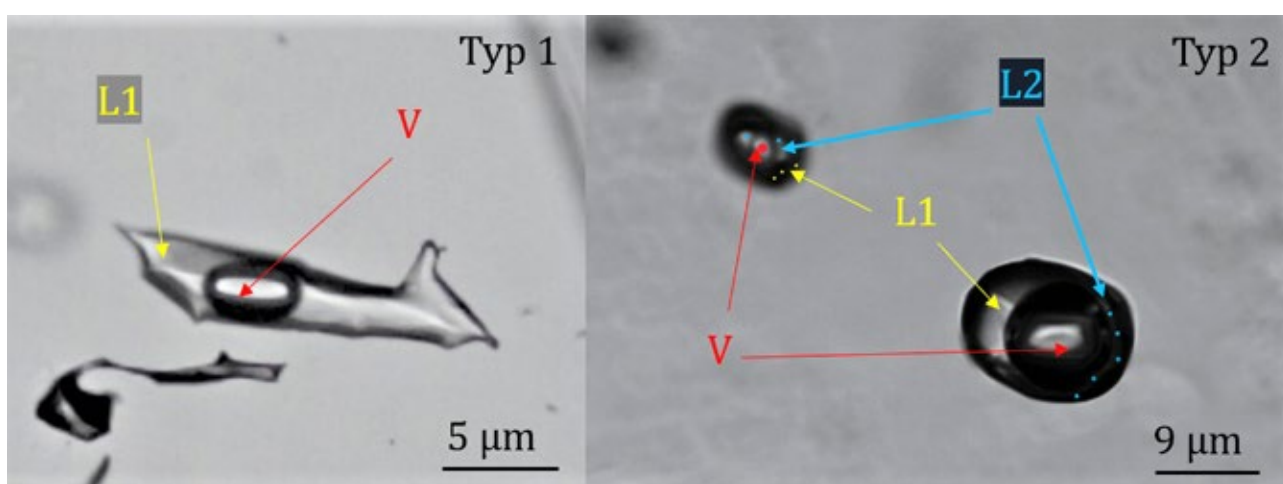
po -56,8 °C indikují přítomnost dalších plynů vedle CO_2 (Shepherd et al. 1985), viz obr. 7. V tomto typu inkluzí byly také naměřeny teploty tání klatrátu ($T_{m,cla}$) v intervalu od 8,2 do 12,9 °C a teploty parciální homogenizace nevodné fáze ($T_{h,car}$) na plyn mezi 18,4 a 22,5 °C (viz tab. 1). Teploty konečné homogenizace ($T_{h,tot}$) se pohybovaly v rozsahu hodnot od 260 °C do 363 °C, s homogenizací na kapalinu (L) a jednalo se o inkluze primárního (P) charakteru. Pro typ 2, reprezentovaný dvoj – či trojfázovými inkluzemi (L1±L2+V), byl charakteristický téměř vyrovnaný poměr kapalné a plynné fáze (tab. 1). V tomto typu FI byl také vodný roztok (L1) a kapalná nevodná fáze (L2), která často lemovala plynnou bublinu (V). Tvary inkluzí tohoto typu byly kulaté, zaoblené a vytvářely kratší traily (obr. 4, 5, 6). Velikost tohoto typu byla mezi 30 a 100 μm . Teplota konečné homogenizace se pohybovala v rozsahu od 265 do 385 °C, bohužel u většiny inkluzí docházelo k dekrepitaci z důvodu přítomnosti většího množství CO_2 . Inkluze typu 2 homogenizovaly na plyn (V). Jednalo se o typ pseudosekundárních inkluzí a stejně jako v prvním typu, i zde byly pozorovány teploty tání CO_2 (T_{m,CO_2}) mezi -59,8 a -55,6 °C, teploty tání klatrátu ($T_{m,cla}$) v intervalu od 9,4 po 15,8 °C a teploty parciální homogenizace nevodné fáze ($T_{h,car}$) kritickým způsobem mezi 20,5 a 20,7 °C – viz tab. 1. Ramanovou spektroskopií pak byla v tomto typu, stejně jako u typu 1, vedle CO_2 prokázána přítomnost metanu a dusíku (obr. 7). Poslední typ 3 byl dvoufázového složení (L+V) a byl pozorován ve vzorcích BHD1 a BHD2. Inkluze tohoto typu obsahovaly vodný roztok (L), který podstatně převažoval nad fází plynnou (V) – viz tab. 1. Inkluze tohoto typu se vyskytovaly ve skupinách a z genetického zařazení šlo o sekundární (S) typ FI. Velikost se pohybovala v rozsahu od 24 do 50 μm . U tohoto typu byla naměřena eutektická teplota (T_e) v hodnotě -21 °C, teplota tání ledu ($T_{m,ice}$) v rozmezí od -2,9 °C do -2,2 °C a teploty konečné homogenizace ($T_{h,tot}$) se pohybovaly od 140 °C do 166 °C s homogenizací



Obr. 4. Vybrané FI reprezentující Typ 1, Typ 2 a Typ 3 v křišťálovém artefaktu (BHD1), L1 = vodný roztok, L2 = kapalná nevodná fáze, V = plynná fáze.
 Fig. 4. Selected FI representing Type 1, Type 2, and Type 3 in rock crystal artefact (BHD1), L1 = aqueous solution, L2 = liquid carbonic phase, V = gaseous phase.



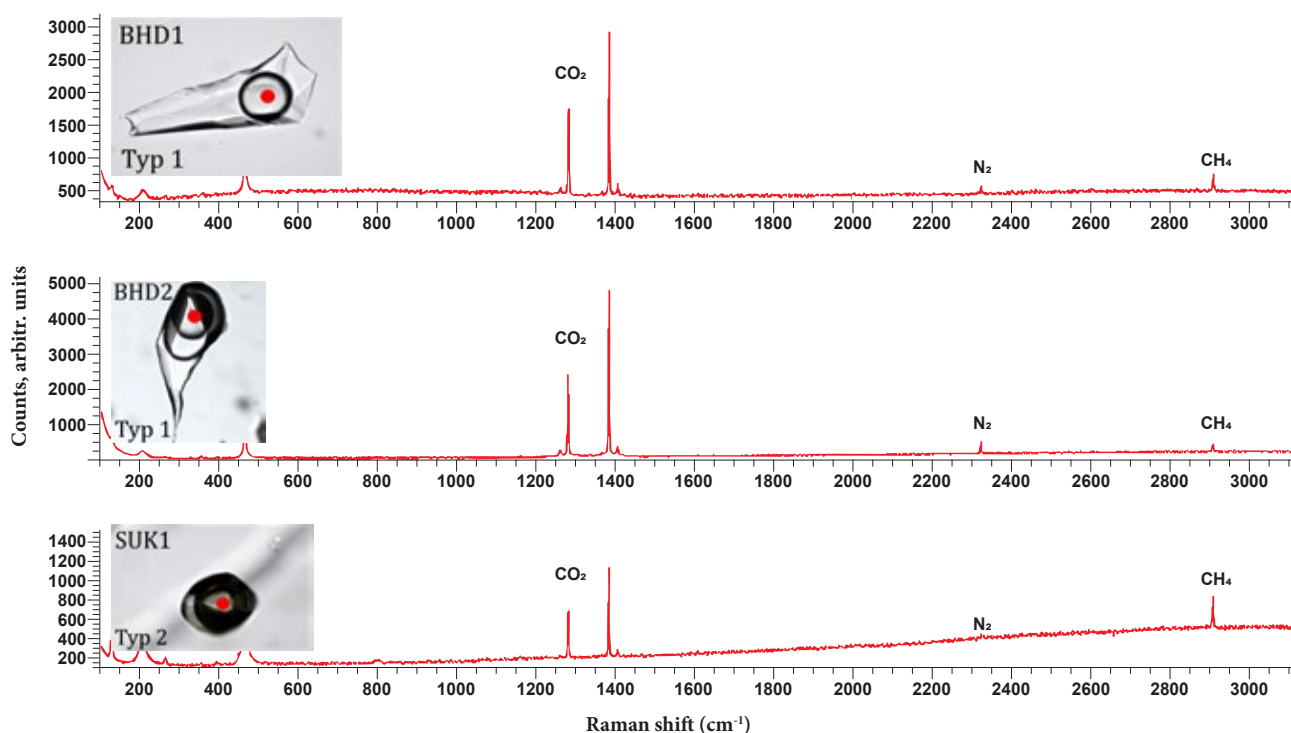
Obr. 5. Vybrané FI reprezentující Typ 1, Typ 2 a Typ 3 v křišťálovém artefaktu (BHD1), L1 = vodný roztok, L2 = kapalná nevodná fáze, V = plynná fáze.
 Fig. 5. Selected FI representing Type 1, Type 2, and Type 3 in rock crystal artefact (BHD1), L1 = aqueous solution, L2 = liquid carbonic phase, V = gaseous phase.



Obr. 6. Vybrané FI reprezentující Typ 1 a Typ 2 z křemene z eluvia (SUK1), L1 = vodný roztok, L2 = kapalná nevodná fáze, V = plynná fáze.
 Fig. 6. Selected FI representing Type 1 and Type 2 in collection from eluvium (SUK1), L1 = aqueous solution, L2 = liquid carbonic phase, V = gaseous phase.

na kapalinu (L). Ve výše popsaných typech 1 a 2 byl zjištěn systém $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2-\text{CH}_4-\text{N}_2$. V typu 3 byl identifikován systém $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$.

Za účelem zpřesnění chemického složení plynu byly vybrány inkluze typu 1 (vzorek BHD1), typu 1 (vzorek BHD2) a typu 2 (vzorek SUK1). Ramanova spektroskopie všech



Obr. 7. Ramanova spektra FI Typu 1 v křišťálovém artefaktu (BHD1), Typu 1 ve vzorku BHD2 a Typu 2 ve vzorku SUK1. Červená barva označuje místo, z něhož bylo naměřeno příslušné spektrum.

Fig. 7. Raman spectra of FI Type 1 in rock crystal artefact (BHD1), Type 1 in sample BHD2 and Type 2 in sample SUK1. The red colour indicates the location where the respective spectrum was collected.

vybraných inkluzí potvrdila přítomnost CO_2 (pásky 1285 a 1388 cm^{-1}) a menšího množství CH_4 (pás 2910 cm^{-1}) a N_2 (pás 2331 cm^{-1}). Tyto hodnoty měření byly zjištěny ve všech vzorcích (BHD1, BHD2, SUK1) a všechny fluidní systémy typu 1 a typu 2 je tedy možné definovat jako $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2-\text{CH}_4-\text{N}_2$ (obr. 7).

DISKUSE A ZÁVĚR

Odhad provenience a jistá pravděpodobnost takového tvrzení vychází z mechanismu vzniku fluidních inkluzí. Tyto objekty představují defekty v minerálu, které jsou v okamžiku růstu krystalu (primární FI) vyplněny roztoky, z nichž křemen krystaluje a jsou v těchto defektech během dalšího růstu krystalu uzavřeny (Hurai et al. 2015). Data ze studovaných vzorků této práce (tab. 1) vykazují velkou míru překryvu a u některých parametrů jsou až stejná, z čehož lze usuzovat na stejný zdroj jejich vzniku. Jedna z prvních prací, která se u nás věnovala určení provenience křišťálových artefaktů na základě studia FI, je od Plcha (1977), kde pro studium bylo vybráno dvanáct lokalit, mezi něž patřila i oblast nedaleko od obce Bohdalce a Suků. Inkluze v artefaktech zde obsahovaly nízkosalinní roztoky s přítomností plynů CO_2 , N_2 a parciální homogenizací nevodné fáze (T_{hcar}) při $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Teploty konečných homogenizací (T_{htot}) těchto FI byly v rozsahu mezi 185 až $354 \text{ }^\circ\text{C}$. V závěru zmíněné práce je původ zkoumaných artefaktů stanoven spíše do oblasti západomoravských pegmatitů než do alpské paragenese z oblasti Alp, což je ve shodě s výsledky práce od Staňka a Plcha (Staňk et Plch 1980). Hodnoty naměřené ve FI naší studie měly

obdobné rozsahy T_{htot} (tab. 1) a Ramanovou spektroskopií byla potvrzena přítomnost oxidu uhličitého, ale i dalších plynů v inkluzích (obr. 7). Další výzkum inkluzí ve vzorcích křišťálových artefaktů z deluviofluviálních sedimentů ze dvou oblastí: Žďáru nad Sázavou (Skléného nad Oslavou a Rousměrova) a Brtnice (Brtnice a Kněžice) od Halavínové a Přichystal (Halavínová et Přichystal 2008) došel k závěru, že artefakty z obou oblastí mají původní zdroj v pegmatitech od Dolních Borů. Vyloučily tak možnou provenienci z křemenné žíly (hydrotermálního původu) od Budče. V práci Halavínová et Přichystal (2008) byly inkluze z oblasti Žďáru nad Sázavou rozděleny do dvou skupin. První skupina obsahovala inkluze s vyšším obsahem oxidu uhličitého, zatímco druhá skupina FI tento plyn neobsahovala. Artefakty z druhé oblasti (Brtnice) obsahovaly inkluze s oxidem uhličitým, ale i s dalšími plyny (CH_4 , N_2) (Halavínová et Přichystal 2008). V naší předložené studii byly zjištěny FI s obsahem oxidu uhličitého jako dominantní složkou nevodné fáze, ale byla prokázána i přítomnost dalších plynů (obr. 7). Typologie FI byla identická jako v předchozí zmíněné práci, kde stejně jako v tomto článku byly FI obsažené ve vzorcích rozděleny na třífázové ($\text{L1}+\text{L2}+\text{V}$) a dvoufázové ($\text{L}+\text{V}$), s T_{htot} pohybujícími se v širším rozsahu hodnot. V diplomové práci od Kontára (2010) jsou studovány vzorky křemenů z oblasti Rousměrova a Brtnice, jež pochází z pegmatitů. Artefakty byly nalezeny spolu s množstvím nepoužité křišťálové suroviny, která měla většinou nažloutlý odstín a byla bez minerálních uzavření (Přichystal 1989, Kontár 2010), stejně jako u zkoumaných vzorků (BHD2, SUK1) tohoto

článku. Křemen studovaný v práci Kontára (2010) z oblasti Rousměrova obsahoval FI tří typů: třífázové (L1+L2+V) a dva typy jedno – a dvoufázových (V±L) inkluzí. Systém obsažený v třífázových inkluzích byl charakterizován jako H₂O-NaCl-CO₂, zároveň u tohoto typu FI byly naměřeny teploty tání CO₂ (T_m CO₂) v rozsahu -57,6 až -57 °C, což indikuje přítomnost dalších plynů, nejen oxidu uhličitého (Kontár 2010). V tomto článku byl v inkluzích typů 1 a 2 zjištěn stejný systém jako popisuje Kontár (2010) a naměřené mikrotermometrické hodnoty (tab. 1) ukazují na obdobné podmínky uzavření fluid a vznik křišťálu jako ve výše zmiňované práci. Další autoři (Fišerová et Dolníček 2014) publikovali z nedaleké Krásnévsi podobné výsledky z fluidních inkluzí v křemenech (záhnědy), které byly odebrány přímo z pegmatitových žil. V inkluzích byly identifikovány tři typy systémů. První systém byl vodného charakteru (H₂O-NaCl±FeCl₂-MgCl₂) a další dva byly s podílem plynné složky (H₂O-NaCl-CO₂ a H₂O-NaCl-plyny (CH₄ a N₂)) (Fišerová et Dolníček 2014). Oblast v okolí Borů poskytla velmi pravděpodobně i materiál pro křišťálové artefakty nalezené u Nové Dědiny u Kroměříže (Přichystal et Slobodník 2017). V tomto případě byly zjištěny dokonce identické asociace fluidních inkluzí jako v artefaktech od Nové Dědiny, tak i v křišťálech z eluvia, ale i v křemenu z pegmatitové žíly v lomu Bory-Cyrliv. Námi studovaný materiál poskytl výsledky z Ramanovy spektrometrie, které ukazují shodu ve složení nevodné fáze (obr. 7), kde jednotlivé plynné složky ve vzorcích jsou prakticky stejné. Na základě srovnání dat ze starších výzkumů a získaným datům, jak z artefaktu, tak ze srovnávacích vzorků, které vykazují významný překryv, můžeme konstatovat, že je vysoká pravděpodobnost původu materiálu studovaného křišťálového artefaktu z prostoru mezi Žďárem nad Sázavou, Novým Městem na Moravě, Radostínem nad Oslavou, Skleným nad Oslavou a Bobrovou.

LITERATURA

- DAVIS D. W., LOWENSTEIN T. K., SPENCER R. J. (1990): Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the systems NaCl-H₂O, NaCl-KCl-H₂O, NaCl-MgCl₂-H₂O and NaCl-CaCl₂-H₂O. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54: 591–601.
- DIVÍŠ J. (1995): Pravěcí lovci v nitru Českomoravské vrchoviny. — Informační zpravodaj České archeologické společnosti, pobočka pro severní Moravu a Slezsko, prosinec 1995, 36–48. Praha.
- DIVÍŠ J. et GREPL E. (1984): Nálezy křišťálové a pazourkové industrie z Kněžic (okr. Třebíč). – *Přehled výzkumů 1982*, 14. Brno.
- FIŠEROVÁ R. et DOLNÍČEK Z. (2014): Fluidní systémy v záhnědách z dutinových pegmatitů od Krásnévsi (strážecké moldanubikum). — *Bulletin Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea*, 22, 2: 363–370.
- GADAS P., HRAZDIL V., NOVÁK M., HOUZAR S. (2014): Minerály dutin jednoduchých pegmatitů a je doprovázejících muskovitových žil strážeckého moldanubika, Česká republika. — *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae*, 99, 2: 49–71.
- HALAVÍNOVÁ M. et PŘICHYSTAL A. (2008): Fluid inclusion characteristics of rock crystal sources from the Bohemian-Moravian Highlands. – In: PŘICHYSTAL A., KRMÍČEK L., HALAVÍNOVÁ M., (eds.): *Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland at the beginning of the 21st century: 67–73*. Vydal Ústav geologických věd PŘF MU a Moravské zemské muzeum. Brno.
- HURAI V., HURAIOVÁ M., SLOBODNÍK M., THOMAS R. (2015): *Geofluids: Developments in Microthermometry, Spectroscopy, Thermodynamics, and Stable Isotopes*. – Elsevier. 489 p. Amsterdam.
- KLÍMA B. (1977): Křišťálová paleolitická industrie z Nové Dědiny. – *Sborník geologických věd, Antropozoikum*, 11: 113–33.
- KONTÁR M. (2010): Studium geneticky významných znaků křišťálových křemenů z několika lokalit. – Ms. [Diplomová práce, depon. in: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno.]
- MENGES F. (2021): Spectragryph – optical spectroscopy software. — Dostupné na: <https://www.ffmpeg2.de/spectragryph/>, 16. 10. 2022.
- PLCH M. (1977): Mineralogický výzkum křišťálových artefaktů moravského paleolitu a termometrický výzkum křišťálových artefaktů metodou homogenizace, příspěvek k řešení otázky provenience. – Ms. [Diplomová práce, depon. in: Katedra mineralogie a petrografie přírodovědecké fakulty UJEP v Brně, Brno.]
- PŘICHYSTAL A. (1989): Zdroje křišťálové suroviny v pravěku na Moravě. – *Geologický průzkum*, 31, 3: 86–87.
- PŘICHYSTAL A. (2009): Kamenné suroviny v pravěku východní části střední Evropy. – Masarykova univerzita. Brno.
- PŘICHYSTAL A. et SLOBODNÍK M. (2017): Provenience křišťálových artefaktů z aurignacké stanice Nová Dědina u Kroměříže na základě studia fluidních inkluzí. – *Přehled výzkumů 58*, 1: 9–16. Archeologický ústav Akademie věd České republiky v Brně.
- STANĚK J. et PLCH M. (1980): A mineralogical study of the rock crystal industry of Moravian Paleolith with respect to its probable region of provenience. 2. – In: A. LECIEJEWICZOWA (ed.): *2nd International Seminar on the Petroarchaeology*. 46–51. Universitas Wroclaviensis, Wroclaw.
- SHEPHERD T. J., RANKIN A. H., ALDERTON D. H. M. (1985): *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*. – Blackie. Glasgow and London.
- VALOCH K. (2004): Křišťály jako surovina štípané industrie. – *Acta Musei Moraviae, Scientiae socialis*, 89: 129–166.