

Limnosilicity jastrabskej formácie v Kremnických a Štiavnických vrchoch – potenciálna surovina pre šperkárstvo na Slovensku

ĽUDMILA ILLÁŠOVÁ¹, IVAN KRAUS¹, ZUZANA PULIŠOVÁ² a MÁRIA ČAPLOVIČOVÁ³

¹Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Trieda A. Hlinku, 949 74 Nitra

²Slovenská akadémia vied, pracovisko Banská Bystrica, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

³Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Limnosilicites of the Jastrabá Formation in the Kremnica and Štiavnica hills (Western Carpathians) – Potential jewellery material in Slovakia

Article presents possible use of Slovak limnosilicites in a non-traditional way – in jewellery, after their mining for other purposes was fully stopped. Their use in jewellery is determined by their properties: suitable mineral composition, high hardness, good polishability and in some cases also their easy processability, texture and attractive colours. Limnosilicite samples from two deposits in Stará Kremnička – Jelšový potok (JP1e) and Hliník nad Hronom (HL) were analysed and compared. Analytical and technological methods (optical microscopy, X-ray diffraction analysis, infrared spectroscopy, raster electron microscopy and gemmological evaluation) proved that limnosilicites are a rather suitable jewellery material. Stones in which quartz is prevailing are more suitable, because they are more massive, less porous and harder. They are harder for cutting but better for polishing. The types containing opal-CT or opal-C are less suitable as they are more fragile.

Key words: limnosilicites, gemmological characteristics, Stará Kremnička – Jelšový potok, Hliník nad Hronom, Jastrabá Formation, Slovak Republic

Úvod

Horniny v šperkovej tvorbe doteraz nepredstavovali zaujímavý artefakt. Objavovali sa iba ojedinele v jednoduchých šperkoch ako „lacnejšie náhrady“. Nezaujím o horniny v šperkovej tvorbe vyplýval z ich nedostatočného poznania na tieto účely. Na Slovensku sme nadviazali na aktivity konané v osemdesiatych rokoch minulého storočia, keď boli v bývalom Československu uskutočnené prvé prieskumné práce v rámci výskumnej úlohy „Drahé kamene ČSR“. Na Slovensku bol koordinátorom a riešiteľom tejto úlohy Rudolf Ďuďa (Ďuďa et al., 1985; Peterec et al., 1992). Na výsledky výskumnej úlohy *Slovensko – drahé a ozdobné kamene* nadväzujeme. Dlhodobý projekt GÚ FPV UKF v Nitre *Overovanie výskytov a určovanie kvality slovenských šperkových materiálov* vychádza z predpokladu, že na Slovensku existujú suroviny vhodné na šperkové účely, ktoré je potrebné overiť z hľadiska kvality, technologických vhodností a získavania s prihliadnutím na ochranu prírodných zdrojov. Výskum slovenských materiálov na šperkové účely začal overovaním kvality obsidiánov ako najstaršej opracovávanej suroviny v období praveku. Bolo potvrdené, že sú nielen vhodným, ale aj estetickým materiálom na výrobu šperkov. Následne sa pristúpilo k hodnoteniu ďalších surovín. Prvé získané výsledky uvádzame práve z limnosilicitov.

V slovenskej geologickej literatúre sa silicity vznikajúce súčasne s rhyolitovým vulkanizmom kremnického

a štiavnického stratovulkánu Západných Karpát v jazernom prostredí tradične označovali ako limnokvarcity. Na ich zložení sa okrem kremeňa mali podieľať aj cristobalit a chalcedón. Elzea et al. (1994) potvrdili, že mikrokryštalické formy SiO₂ (opal-CT a cristobalit) je možné odlišiť 24-hodinovým testom pri teplote 1 025 °C. Následne v silicitoch označovaných v minulosti ako limnokvarcity, ako aj v bentonitoch, ktoré ich sprevádzajú a tvoria v nich tiež často prímes, zistili Gregor (2009), ako aj Uhlík et al. (2012) prítomnosť opálu-CT a absenciu cristobalitu. Keďže ide o horninu zloženú výlučne z rôznych foriem SiO₂ – okrem kremeňa to môže byť chalcedón, opál-CT a opál-C, je vhodnejšie používať označenie limnosilicity a nie limnokvarcity.

Limnosilicity z predmetnej oblasti patria k surovinám, ktoré boli využívané pravekým človekom od staršej doby kamennej (Hovorka a Illášová, 2002). Doloženou paleolitickou stanicou je lokalita Bartošova Lehôtka, na ktorej sa našlo množstvo štiepanej industrie, rôznych nástrojov a polotovarov (Bárta, 1991). Okrem primárnych výskytov sa limnosilicity nachádzajú aj v náplavoch Hrona a Žitavy (Mišík, 1975).

V dôsledku svojej tvrdosti a dobrej opracovateľnosti boli už v dávnej dobe veľmi vhodné na výrobu úžitkových predmetov s jednou ostrou hranou. Takto sa stali v staršej dobe kamennej (paleolite) spolu s rádiolaritmi vedúcou surovinou na výrobu čepeľovitých nástrojov dennej potreby. Následne sa nástroje z limnosilicitov

opisovanej proveniencie nachádzajú aj na sídliskách mladšej doby kamennej (neolite a eneolite) a tiež aj na sídliskách a pohrebiskách staršej doby bronzovej. Rezné nástroje alebo hroty šípov bojovníka či lovca tvorili súčasť hrobevej výbavy alebo ostatný sídliskový materiál. Potvrdzujú to mnohé nálezy z archeologických lokalít, napr. Brodzany pri Topolčanoch, Mariánsky vršok pri Prievidzi, Veľké Stankovce pri Trenčíne, Žabokreky nad Nitrou, Golianovo, Horné Lefantovce a pod.. Limnosilicity nestratili svoj nadregionálny význam ani v stredoveku a novoveku. Najskôr sa používali v okolitých krajinách na výrobu mlynských kameňov, až pokiaľ ich na začiatku 20. storočia nenahradili kovové valce. Po druhej svetovej vojne sa používali na výrobu silexových kociek. Vykladali sa nimi bubny na mletie kremitých hmôt, ako aj na výstelku vysokých pecí. Na tieto účely sa v rokoch 1963 – 1970 ťažili predovšetkým na ťažisku Bartošova Lehôtka (Hruškovič, 1971).

Rozsiahly geologický prieskum limnosilicitov predovšetkým na JZ okraji kremnického stratovulkánu prebiehal počas 60. rokov minulého storočia (Ciesarik a Očenáš, 1964; Beňo a Očenáš, 1968). Výsledkom bol výpočet zásob limnosilicitov na ťažiskách Bartošova

Lehôtka, Stará Kremnička – Kotlište, Slaská – Kypce, Kopernica, Lutilla, Žiar nad Hronom – Podháj a v štiavnickom stratovulkáne v lokalite Hliník nad Hronom. Najvýznamnejším z nich sa stalo ťažisko Stará Kremnička – Kotlište, na ktorom sa limnosilicity ťažili na výrobu ferosilicia vo Ferosiliciových závodoch, a. s., Istebné v období 1969 až 1993. Ročne sa ťažilo od 90 do 160 kt (Kraus a Kužvar, 1987). Ťažba sa zastavila po zmene technologického postupu pri jeho výrobe pre nezaujímavosť odberateľa. V roku 1998 bol podaný návrh na zrušenie výmeru zásob z roku 1965 v množstve 4 784 557 t. Ťažisko sa rekultivovalo a limnosilicity sa na žiadne ostatné aplikácie (kovový Si, silexové kocky, dinas, čistenie vody) na tomto ani na žiadnom inom ťažisku nevyužíva a prestal sa evidovať ako nerastná surovina.

Geologická, genetická a ťažisková pozícia limnosilicitov

Geologickej pozícii limnosilicitov predovšetkým v kremnickom stratovulkáne venovali pozornosť už prví geológovia pracujúci na území Slovenska – Pettko, 1847, 1852 (in Turan, 1958) a Štúr, 1867 (in Ciesarik, Očenáš, 1964). Prvý z nich poukázal na základnú a do dnešných čias platnú spojitost a genetickú väzbu limnosilicitov s ryolitovým vulkanizmom. Druhý v nich opísal zvyšky vodných rastlín: *Phragmites ungeri*, *Typhea ungeri* a *Glyptostrobus europaeus*. Kettner (1923, 1928) ich prvýkrát podrobnejšie charakterizoval a Turan (1958) ich detailne zmapoval na území medzi Lutillou a Slaskou. Fiala (1961) ich dával do súvisu s horúcimi prameňmi kremnického epitermálneho systému.

Podľa súčasných poznatkov limnosilicity v kremnickom a štiavnickom stratovulkáne sú súčasťou jastrabskej formácie, ktorú definovali Konečný et al. (1983). Predstavuje priestorovo nesúvislý súbor dajok, extrúzií, lávových prúdov a vulkanoklastík najčastejšie ryolitového, menej často ryodacitového zloženia. Vulkanická aktivita jastrabskej formácie sa odohrávala v intervale 12,2 – 11,4 Ma, čo zodpovedá vrchnému sarmatu – najspodnejšiemu panónu (Chernyshev et al., 2013). Celá formácia sa vyznačuje výraznou väzbou na S – J (SV – JZ) zlomové systémy a je súvisle rozšírená len v južnej a východnej časti Žiarskej kotliny a v príslušných častiach kremnického a štiavnického stratovulkánu. Nachádzajú sa v nej významné ťažiská perlitov, bentonitov a zeolitov.

Autori správ o geologickom prieskume limnosilicitov na ťažisku Stará Kremnička – Kotlište vysvetľovali ich vznik prenikaním roztokov s vysokým obsahom SiO₂ do vodného prostredia, ktoré malo močiarovitý až jazerný charakter (Zuberec a Očenáš, 1973). Neskoršie na priamu či nepriamu súvislosť pri vzniku limnosilicitov a alteráciou produktov ryolitového vulkanizmu s kremnickým hydrotermálnym systémom poukázali Kraus et al. (1994). Lexa a Bartalský (1999) vyslovili hypotézu o laterálnom odtoku fluidovo-kremnického epitermálneho systému južným smerom a limnosilicity, ako aj vznik bentonitov dali do priameho súvisu s týmto procesom. Potvrdenie alebo vyvrátenie tejto hypotézy sa stalo predmetom výskumu v rozsiahlej záverečnej správe (Demko ed., 2010).



Obr. 1. Schéma odberu vzoriek limnosilicitov jastrabskej formácie. 1 – Stará Kremnička – Jelšovský potok: južná stena prvej a tretej etáže bentonitového ťažiska; 2 – Stará Kremnička – Potôčik; 3 – Stará Kremnička – Kotlište; 4 – Bartošova Lehôtka; 5 – Slaská; 6 – Lutilla; 7 – Hliník nad Hronom.

Fig. 1. Limnosilicate sampling sites in the Jastrabá Formation. 1 – Stará Kremnička – Jelšovský potok: southern side of the first and third exploitation levels of a bentonite deposit; 2 – Stará Kremnička – Potôčik; 3 – Stará Kremnička – Kotlište; 4 – Bartošova Lehôtka; 5 – Slaská; 6 – Lutilla; 7 – Hliník nad Hronom.

Cieľ práce

Cieľom tejto práce je overiť možnosť využívania limnosilicítov v netradičnom odvetví – v šperkárstve po úplnom zastavení ich ťažby. Predurčuje ich na to vhodné minerálne zloženie, vysoká tvrdosť, dobrá lešiteľnosť a v niektorých prípadoch aj vhodná opracovateľnosť, textúra a atraktívne sfarbenie.

Materiál

Z limnosilicítov jastrabskej formácie sme v rokoch 2012 – 2013 na splnenie vyššie uvedeného cieľa odobrali vzorky z nasledujúcich lokalít, znázornených na schéme na obr. 1.

1A. *Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP1e)*: južná stena prvej etáže ťažobnej jamy bentonitového ložiska.

Vystupujú tu lavice limnosilicítov v nadloží bentonitizovaných ryolitov a ryolitových tufov s hrúbkou od 2 do 5 m. Smerná dĺžka tohto východu dosahuje približne 30 m. V bazálnej časti vystupujú skôr sivočierne limnosilicity s fosilizovanou organickou hmotou. V apikálnej časti prevládajú limnosilicity svetlejších farebných odtieňov (od tmavosivých po svetlosivé). Podľa Lexu et al. (in Demko ed., 2010) prevažne svetlé, laminované limnosilicity bez organických zvyškov indikujú depozíciu v distálnej zóne horúcich prameňov pri teplote vzniku pod 35 °C.

1B. *Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP3e)*: južná stena tretej etáže ťažobnej jamy bentonitového ložiska.

Vystupujú tu lavice prevažne masívneho limnosilicitu, lokálne silne popraskaného. Dva základné farebné odtiene: svetlo- a tmavosivý plynule vzájomne do seba prechádzajú. Celková hrúbka lavíc sa pohybuje v rozmedzí 3 – 4 m, so smernou dĺžkou okolo 25 m.

2. *Stará Kremnička – Potôčik (SKP)*. Odkryv, v ktorom sa striedajú lavice limnosilicitu s bentonitizovanými ryolitovými tufmi.

3. *Stará Kremnička – Kotlište (SKK)*. V druhej polovici minulého storočia najvýznamnejšie a jediné ťažené ložisko limnosilicitu v jastrabskej formácii. Podľa Ciesarika a Očenáša (1964) limnosilicity tvoria dve polohy. Hlavná je rozšírená na celom overenom ložisku s pravidelnou hrúbkou od 15 do 20 m. V limnosilicitoch sú lokálne prítomné polohy tmavých ílov, lignitu a tufitov. Vrchná poloha je maximálne 6 m hrubá a na značnej časti ložiska bola odstránená eróziou. V oboch polohách sú v značnom množstve prítomné fosilizované zvyšky rastlín a sporadicky úlomky rozsievok. Takýto litologický vývoj limnosilicítov na ložisku Stará Kremnička – Potôčik poukazuje na depozíciu v stagnujúcej plytkej limnickej panvičke s redukčným prostredím, v ktorom dochádzalo k hromadeniu organickej hmoty a k obmedzeniu intenzívnejšej cirkulácie.

4. *Bartošova Lehôtka (BL)*. Jamový lom limnosilicitu otvorený a ťažený začiatkom 60. rokov minulého storočia. Dnes už neprístupný.

5. *Slaská (SL)*. Jamový lom limnosilicitu otvorený v 50. rokoch minulého storočia, prevažne svetlej farby.

6. *Lutila (LU)*. Povrchové východy limnosilicítov hnedasto-sivej farby.

7. *Hliník nad Hronom (HL)*. Limnosilicity tu vystupujú na povrch na južnom okraji kóty Panská hora. Podľa Lexu, 2010a (in Demko ed., 2010), ide o ryolitový kryptodóm patriaci do skupiny plytko uložených extrúzií lakolitového typu. Zaraďujú sa do skupiny stredných členov jastrabskej formácie a sú už súčasťou štiavnického stratovulkánu. Na JZ okraji v nadloží ryolitov Panskej hory vystupujú mladšie členy jastrabskej formácie – limnické a lakustrické silicity, ktorých súčasťou sú aj sledované limnosilicity. Tvoria viacero polôh a vo dvoch z nich, ktoré sa v minulosti odkryli ťažbou, sa odobrali vzorky na overenie ich vhodnosti na šperkárske účely. Pomerne často sa v nich nachádzajú silicifikované drevá.

Metodika

Optická polarizačná mikroskopia

Metódou optickej polarizačnej mikroskopie sa umožňuje študovať štruktúru a minerálne zloženie hornín pomocou výbrusov. Na analýzu boli vybraté makroskopicky opísané vzorky limnosilicítov rôznej kvality a farebnej variability. Mikroskopické výbrusy z limnosilicítov boli vyhotovené v GÚ SAV v Bratislave. Analyzované boli polarizačným mikroskopom typu LEICA medzi skríženými nikolmi a fotografované mikroskopom modelu PM2, Kvant s digitálnou CCD kamerou (Moticam, China) pri 40-násobnom zväčšení. Fotodokumentácia vzoriek bola realizovaná na Katedre botaniky a genetiky a v Gemologickom ústave FPV UKF v Nitre (doc. RNDr. R. Omelka, PhD., a doc. Illášová). Použil sa aj počítačový softvér Motic Live Imaging Module (Motic China Group Co., Ltd.).

Röntgenová difrakčná analýza

Práškové neorientované preparáty prírodných vzoriek sa analyzovali v Geologickom ústave SAV v Bratislave na difraktometri Philips PW 1710 (Cu K α žiarenie, napätie 35 kV, prúd 20 mikroampérov, krok 0,02° 2 θ , expozičný čas 2 s/krok s použitím grafitového monochromátora). Meral sa interval 4 – 64° 2 θ . Analyzované vzorky sú zoradené v tab. 1, 2, 3 podľa klesajúcej intenzity.

Infračervená spektroskopia

Analyzovali sa vzorky pomleté pod 0,16 mm. Na získanie spektier sa použila technika homogenizácie a lisovania KBr tabliet (zmes 1 mg vzorky a 200 mg KBr). Meranie bolo robené pomocou FTIR spektrometra Nicolet 6700, ktorý bol vybavený KBr rozdeľovačom lúča a DTGS detektorom v Ústave anorganickej chémie SAV v Bratislave.

Rastrovací elektrónová mikroskopia

Vzorky pre rastrovací elektrónový mikroskopiu (SEM) boli v achátovej miske pripravené na práškovú formu. Následne sa obojstranne prilepili uhlíkovou lepiacou páskou na Cu-podložku a boli pouhliškované. Obrázky sa

Tab. 1

Intenzita difrakčných maxím s hodnotami d (Å) limnosilicítov
jastrabskej formácie, ktoré sú zložené z kremeňa
(limnosilicity typu 1)
Intensities of peaks with d (Å) values of limnosilicites from the
Jastrabá Formation, which consist of quartz
(limnosilicites of the type 1)

Vzorka	Kremeň		Vrstevnatý silikát
	3,34 Å	4,26 Å	
BL 5708	8 464	1 673	
JP1e 5692/4	7 586	1 149	76
JP3e 5715/A	7 582	1 180	
JP3e 5714	7 438	1 120	
JP3e 5717	7 288	1 115	
HL 5699/11	7 039	1 089	
SKK 5703	6 906	1 163	79
JP3e 5716	6 561	1 043	62
HL 5697/9	6 464	980	50
HL 5698/10	6 304	980	60
JP1e 5690/2A	6 115	918	74
JP1e 5694/6	5 898	924	85
JP1e 5701	5 776	870	85
JP3e 5705	5 565	847	52
HL 5696/8	4 720	615	137

Vysvetlivky: JP1e – južná stena prvej etáže bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok; JP3e – južná stena tretej etáže bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok; BL – Bartošová Lehôtka; SKK – Stará Kremnička – Kotlište; HL – Hliník nad Hronom.

Explanations: JP1e – southern wall of the first bentonite exploitation level at Stará Kremnička – Jelšovský potok deposit; JP3e – southern wall of the third bentonite level at Stará Kremnička – Jelšovský potok deposit; BL – Bartošová Lehôtka deposit; SKK – Stará Kremnička – Kotlište deposit; HL – Hliník nad Hronom deposit.

snímali pri použití sekundárných elektrónov pri pracovnej vzdialenosti 39 mm, prúde $1 \cdot 10^{-9}$ A a pri urýchľovacom napätí 15 kV na prístroji Jeol JXA-840A na Katedre ložiskovej geológie PRIF UK v Bratislave.

Gemologické spracovanie limnosilicítov

Limnosilicity, ktoré boli predmetom gemologického výskumu (určenie vhodnosti technologického opracovania na šperkové použitie), pochádzajú z dvoch lokalít: Starej Kremničky a Hliníka nad Hronom. Najvhodnejším typom výbrusu na šperkárské využitie limnosilicítov je výbrus kabošon*. Naopak, na zbierkové účely, kde stačí naleštenie jednej plochy, je vhodnejšie využiť rovinné brúsenie (Turnovec a Illášová, 2009).

Postup opracovania limnosilicítov

Samotnému brúseniu predchádza výber suroviny vhodnej na spracovanie. Vo všeobecnosti platí, že výber vhodnej suroviny je zameraný vždy na najlepšiu kvalitu.

*Kabošon je typ výbrusu kameňa a je odvodený od francúzskeho slova *cabochon* (v preklade *plešina*, *holá hlava*). Výbrus má dve časti – vrchnú, vypuklú (*konkávnu*), a spodnú, ktorá je najčastejšie rovná, avšak môže byť aj mierne vypuklá. Miesto, kde sa stretáva vrchná a spodná časť výbrusu, tvorí úzky pás (*lem*) po obvode kameňa, ktorý sa nazýva *rundista* a uľahčuje osadenie kameňa do šperku (Turnovec et al., 1992). Tvar kabošonov môže byť rôzny, od pravidelných okrúhlych, oválnych či štvorcových tvarov až po nepravidelné. Vo veľkej miere to závisí od „kresby“ kameňa a fantázie brúsčika.

Spracovávaný materiál musí byť bez prasklín, s výraznou farbou alebo zaujímavou kresbou, čo spolu s vysokým leskom určuje dobrú kvalitu kameňa (Turnovec et al., 1992; Fischer, 1995). V prípade limnosilicítov zvláštnosť a krásu kameňa dotvárajú aj uzatvorené zvyšky rastlín.

Turnovec et al. (1992) rozdeľuje brúsenie kabošonov na niekoľko operácií: tmelenie suroviny na kamenársky kolíček, tvarovanie, hľadanie, leštenie.

1) Tmelenie suroviny na kamenársky kolík: narezanú surovinu tmelíme na kamenársky kolík pomocou liehového kahana. Kahanom nahrievame tmel aj tmelenú surovinu. Zahriaty kameň sa vsadí do vrstvy tmelu tak, aby sa opieral o hranu kamenárskeho kolíka (obr. 2). Tmel musí byť dostatočne plastický a tvárny (Turnovec et al., 1992). Limnosilicity sú veľmi odolné a neprekáža, keď sú počas tmelenia viac nahriate, s výnimkou suroviny, kde bol vyšší predpoklad opáľovej zložky. Tá pri vyššej teplote spôsobuje praskanie kameňa a s takou surovinou je potrebné pracovať opatrne s použitím vhodného tmelu. Pri brúsení limnosilicítov bol použitý typ tmelu Dop Wax Black na tmelenie suroviny s vyšším predpokladom opáľovej zložky a Dop Wax Diamond na surovinu s vyšším podielom chalcedónu.

2) Tvarovanie kabošonov (hrubé a jemné brúsenie): po stuhnutí tmelu je prvým krokom hrubé brúsenie, počas ktorého sa zbrúsia nerovnosti a hrany kameňa. Takýto hruboopracovaný kameň sa potom brúsi do požadovaného tvaru na horizontálnej alebo vertikálnej brúske pomocou vhodného brúsiaceho kotúča. Zrnitosť kotúča sa udáva v tvare zlomku, kde čitateľ predstavuje horný a menovateľ dolný medzný rozmer hlavnej frakcie v μm (Turnovec et al., 1992; Turnovec a Illášová, 2009). Väčšina brúsiek vyvinutých špeciálne na brúsenie kameňov má približne 1 000 otáčok/min. (Fischer, 1995). V prípade brúsenia



Obr. 2. Surovina natmelená na kamenárskom kolíku (vľavo); vybrúsený a vyhladený oválny kabošon (vpravo).

Fig. 2. Raw stone glued to a stonework pin (left); cut and a polished oval cabochon (right).

limnosilicitov bol použitý sintrovaný diamantový kotúč s priemerom 150 mm a zrnitosťou 160/125 pri 1 200 otáčkach/min.. Pri hrubom brúsení je potrebné nechať prídavok materiálu na jemné dobrušovanie približne 0,2 mm. Počas jemného brúsenia dáme kameňu presný tvar a rozmery. Pri jemnom brúsení limnosilicitov bol použitý sintrovaný diamantový kotúč priemeru 150 mm, zrnitosti 40/36 pri 1 200 otáčkach/min..

3) Hladenie kabošonov: na hladenie povrchu kabošonu sa používa voľné brúsne zrnó nanosené na vhodnom podložnom kotúči. Najčastejšie sa využívajú kotúče vyrobené z dreva ovocných stromov, napr. z hrušky. Pre kabošony z veľmi tvrdých materiálov sa používajú olovené kotúče. Do podložného kotúča sú vyhlbené drážky, ktoré svojimi rozmermi zodpovedajú rozmerom vyrábaných kabošonov. Hladiaci podložný kotúč sa potrie zmesou jemného karborundového prášku a vody (Turnovec et al., 1992). Vytvarovaným kameňom sa pohybuje krúživým pohybom v drážke, ktorá mu je rozmerovo najbližšie.

Rýchlosť hladenia v nemalej miere závisí od kvality jemného brúsenia.

4) Leštenie kabošonov: Postup leštenia je v podstate zhodný s hladením, ale používajú sa iné podložné kotúče a iné leštiace prášky. Na leštenie kremenných surovín sa používajú filcové kotúče alebo textilné podložky nalepené na drevených kotúčoch (Turnovec et al., 1992). Na leštenie limnosilicitov bol použitý filcový kotúč a ako leštiaci materiál bola použitá zmes oxidu ceričitého (Cerox) a vody. Rýchlosť leštenia závisí od kvality vyhladenia. Celý postup je potrebné priebežne kontrolovať. Vyleštené kamene sa odtmelia z kolíka a vyčistia sa denaturovaným liehom.

Stanovenie nasiakavosti

Vo vzorkách určených na vybrusovanie boli stanovené hodnoty nasiakavosti. Nasiakavosť je pomer hmotnosti vody pohltenej vzorkou k hmotnosti vzorky vysušenej do ustálenej hmotnosti. Vyjadruje sa v percentách hmotnosti

Tab. 2

Intenzita difrakčných maxím s hodnotami d (Å) limnosilicitov jastrabskej formácie, ktoré sú zložené z kremeňa s prímiesou opálu-CT ± opálu-C, ktorý zatiaľ nie je spoľahlivo doložený (limnosilicity typu 2)
Intensities of peaks with d (Å) values of limnosilicites from the Jastrabá Formation, which consist of quartz with admixture of opal-CT ± opal-C, which has not been supported with reliable evidence yet (limnosilicites of the type 2)

Vzorka	Kremeň		Opál-C	Opál-CT		Opál-C	Vrstevnatý silikát	Poznámka
	3,34 Å	4,26 Å	4,1 Å	4,33 Å	2,51 Å	3,1 Å		
SKK 5709	7 225	1 354	71	240	–	–	72	nie 4,33, ale 4,30
HL 5700A	6 922	1 082	106	–	–	–	–	nie 4,33, ale 4,30
SKK 5712	6 839	1 122	–	177	–	–	79	nie 4,33, ale 4,31
LU5711	5 883	894	–	216	–	55	121	nie 4,33, ale 4,31
JP1e 5689/1A	5 242	762	–	139	–	71	119	
SL 5707/A	4 679	620	106	253	–	79	142	nie 4,1, ale 4,09
SKK 5713	4 409	511	–	199	–	83	139	
SL 5707/B	4 316	620	–	256	–	67	130	
HL 5700/B	4 212	745	292	196	stopy	–	–	
SL 5706	3516	372	–	204	–	114	225	

Vysvetlivky: LU – Lutila; SL – Slaská.

Explanations: LU – Lutila deposit; SL – Slaská deposit.

Tab. 3

Intenzita difrakčných maxím s hodnotami d (Å) limnosilicitov jastrabskej formácie, ktoré sú zložené z opálu-CT ± opálu-C ± kremeňa (limnosilicity typu 3)
Intensities of peaks with d (Å) values of limnosilicites from the Jastrabá Formation, which consist of opal-CT ± opal-C ± quartz (limnosilicites of the type 3)

Vzorka	Kremeň		Opál-C	Opál-CT		Opál-C	Vrstevnatý silikát	Kalcit
	3,34 Å	4,26 Å	4,1 Å	4,33 Å	2,51 Å	3,1 Å		
SL 5710	–	–	502	299	stopy	–	96	–
SKP 5704	189	–	635	445	stopy	–	–	289
JP1e 5695/7A	384	–	1 253	615	328	–	–	–
JP1e 5693/5A	454	–	1 156	630	320	–	–	85
JP1e 5695/7B	767	590	1 076	543	286	–	–	–
JP1e 5693/5B	778	615	1 037	576	259	–	–	–
JP1e 5690/2B	1 980	615	801	493	–	–	92	–
JP1e 5689/1B	2 852	552	454	342	144	85	156	–

Vysvetlivky: SKP – Stará Kremnička – Potôčik.

Explanations: SKP – Stará Kremnička – Potôčik deposit.

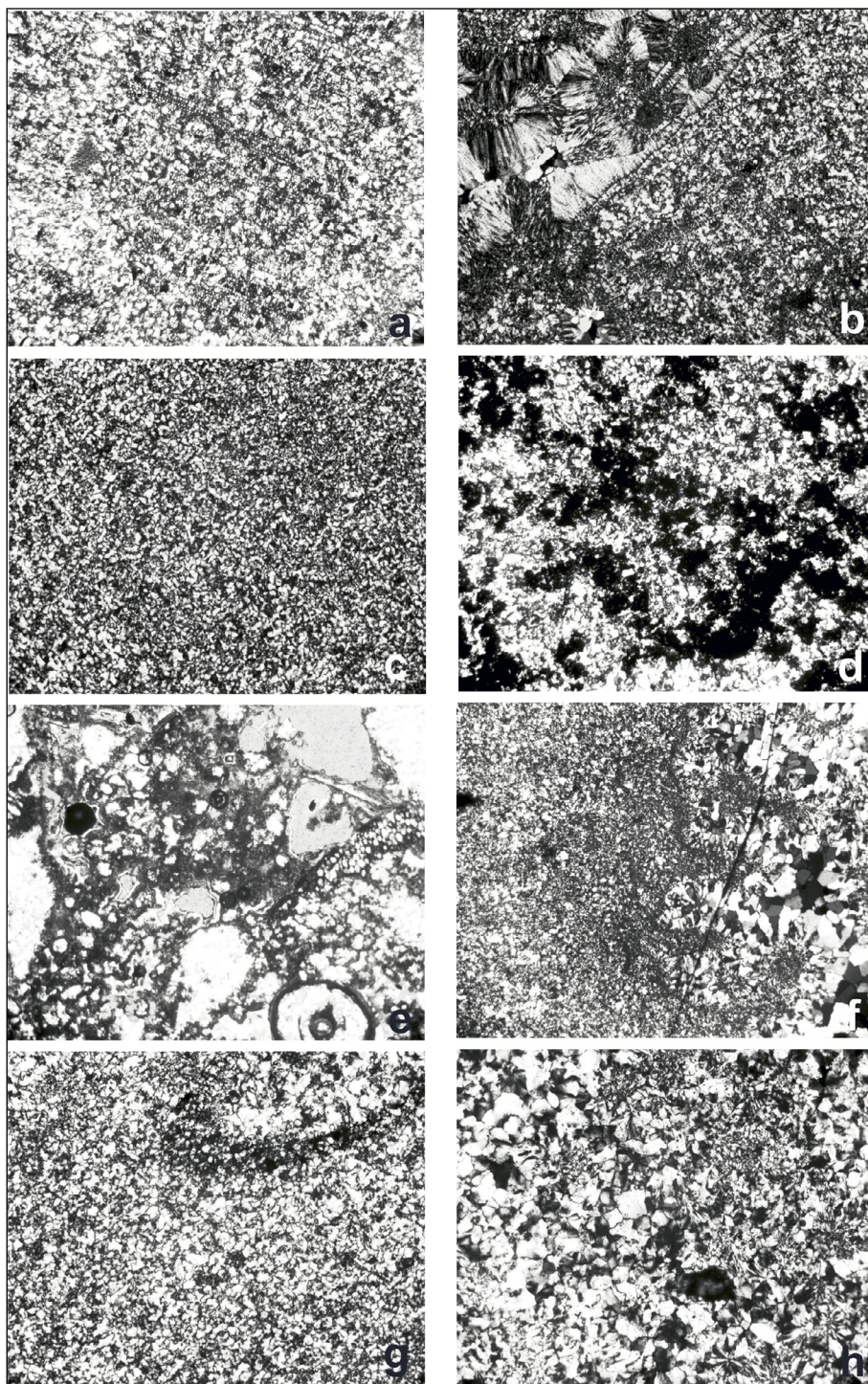


Fig. 3. **a** – Sample JP1e, thin-section 5689/1B: white limnosilicite overgrown with black one; both minerals – quartz and opal CT – are present in the sample, while quartz prevails CT. The quartz is microscopic, fine-grained and evenly granular; **b** – Sample JP1e, section 5690/2A, 1st sampling. Grey limnosilicite overgrown with white one. Finely granular quartz and tiny veinlets of radial chalcedony are present in the sample; **c** – Sample JP1e, section 5695/7B, 2nd sampling. Macroscopic observation reveals silicified tree bough with noticeable growth rings; in its microscopic section plant tissues (cells) are discernible. The tissues are surrounded by quartz. Sample JP1e, section 5695/7A, 2nd sampling. Silicified wood with noticeable growth rings, low content of quartz; **d** – Sample JP1e, section 5693/5A, 2nd sampling. Lamellar limnosilicite, white earthy limnosilicite overgrown with grey glassy one. Quartz included; **e** – Sample HL, section 5696/8. Red-grey limnosilicite with massive texture. Quartz prevails in the sample; **f** – Sample HL, section 5697/9. Grey-brown limnosilicite with massive texture. Quartz prevails in the sample; **g** – Sample HL, section 5698/10. Grey-brown limnosilicite, overgrown with grey “granular”, like grinded limnosilicite. Quartz prevails in the sample; **h** – Sample HL, section 5699/11. Silicified wood of light brown colour. The sample includes merely quartz.

Obr. 3. **a** – Vzorka JP1e, č. výbrusu 5689/1B: biely limnosilicit, ktorý sa prerastá s čiernym; vo vzorke sú prítomné obidva minerály – kremeň aj opál CT. Kremeň prevláda nad CT. Kremeň je viditeľný mikroskopicky, je jemnozrnný a rovnomerne zrnitý. Zv. 40x, II nikoly; **b** – Vzorka JP1e, č. výbrusu 5690/2A, 1. odber. Sivý limnosilicit, ktorý sa prerastá s bielym. Vo vzorke je prítomný jednoznačne jemnozrnný kremeň a drobné žilky radiálne lúčovitého chalcedónu. Zv. 40x, II nikoly; **c** – Vzorka JP1e, č. výbrusu 5695/7B, 2. odber. Makroskopicky ide o silicifikovaný konár s výraznými letokruhmi, v mikroskopickom výbruse sú viditeľné rastlinné pletivá (bunky). Okolo pletív sa nachádza kremeň. Vzorka JP1e, č. výbrusu 5695/7A, 2. odber. Silicifikovaný konár s výraznými letokruhmi, obsahuje málo kremeňa. Zv. 40x, II nikoly; **d** – Vzorka JP1e, č. výbrusu 5693/5A, 2. odber. Laminovaný limnosilicit, biely – zemitý, prerastá sa so sivým – sklovitejším. Obsahuje kremeň. Zv. 40x, II nikoly; **e** – Vzorka HL, č. výbrusu 5696/8. Červeno-sivý limnosilicit s masívnou textúrou. Vo vzorke prevláda kremeň. Zv. 40x, II nikoly; **f** – Vzorka HL, č. výbrusu 5697/9. Sivo-hnedý limnosilicit s masívnou textúrou. Vo vzorke prevláda kremeň. Zv. 40x, II nikoly; **g** – Vzorka HL, č. výbrusu 5698/10. Sivo-hnedý limnosilicit sa prerastá so sivým „zrnitým“, akoby drveným limnosilicitom. Vo vzorke prevláda kremeň. Zv. 40x, II nikoly; **h** – Vzorka HL, č. výbrusu 5699/11. Silicifikované drevo svetlohnedej farby. Vo vzorke je prítomný len kremeň. Zv. 40x, II nikoly.

vysušenej vzorky. Hodnoty nasiakavosti boli robené štandardným postupom skôr, ako sa časť vzoriek použila na ostatné analýzy.

Výsledky a diskusia

Optická polarizačná mikroskopia

Mikroskopické výbrusy boli vyhotovené z 8 vzoriek limnosilicitov (obr. 3a – 3h), z ktorých 4 vzorky boli z lokality Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP1e) a 4 vzorky z lokality Hliník nad Hronom (HL).

Optickou polarizačnou mikroskopiou boli sledované štruktúry a minerálne zloženie limnosilicitov (zv. 40x, II nikoly). Jasne viditeľný je kremeň, ktorý vytvára ostrohranné, allotriomorfné obmedzené zrná približne rovnakých veľkostí (napr. obr. 3b – 3c). Jemnozrnnéjšie frakcie kremeňa sa zatiaľ vyskytovali skôr v limnosilicitoch z lokality Stará Kremnička – Jelšovský potok, ako z limnosilicitov z lokality Hliník nad Hronom, na toto tvrdenie je však potrebné väčšie množstvo výbrusov. Chalcedón tvorí ďalšiu zložku limnosilicitov. Vytvára vláknité agregáty usporiadané pod mikroskopom do radiálne lúčovitej stavby (napr. obr. 3b). V polohe zhášania sa objavujú vždy nové vlákna. Viditeľné sú rastlinné pletivá, ktoré indikujú, že išlo pôvodne o rastlinný materiál, ktorý podľahol silicifikácii (napr. obr. 3c, 3e). Ďalej sú v mikroskope viditeľné jemné pukliny a póry, prázdne alebo vyplnené po okrajoch chalcedónom. Predpokladáme aj prítomnosť opálu, ktorý je v mikroskope ťažko alebo takmer nerozlíšiteľný, v prechádzajúcom svetle je zakalený alebo podobný sklu. V limnosilicitoch bol identifikovaný iba röntgenograficky.

Röntgenová prášková difrakčná analýza

V prácach spadajúcich približne do obdobia pred rokom 1970 zaoberajúcich sa prítomnosťou minerálov zo skupiny SiO_2 v bentonitoch sa difrakčné maximum plochy

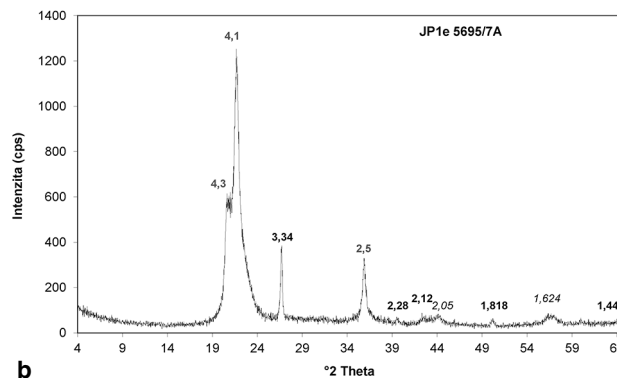
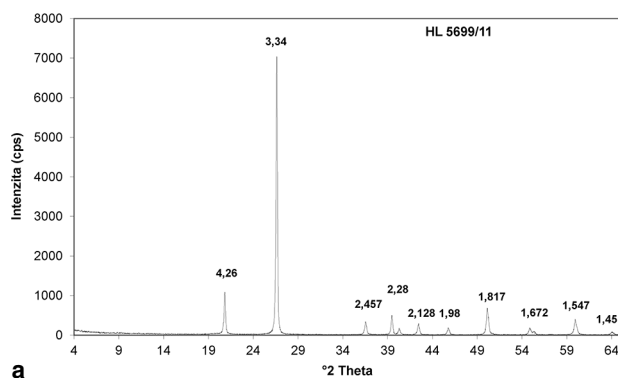
101 s hodnotou d 4,04 – 4,10 Å pripisovalo cristobalitu. K zmene prispeli práce Jonesa a Segnita (1971), Flörkeho et al. (1991) a Graetscha (1994), na základe ktorých sa vyčlenili tri základné typy amorfného a mikrokryštalického SiO_2 : opál-A, opál-CT a opál-C. Všetky vykazujú rozdielny stupeň usporiadania štruktúry. Prvý z nich sa považuje za amorfný a ďalšie dva za mikrokryštalické. Opál-CT má vo variabilnom pomere zastúpené difrakčné maximum s hodnotou d 4,04 – 4,10 Å patriace cristobalitu a difrakčné maximum s hodnotou d 4,30 Å patriace tridymitu. Pri opále-C s predpokladaným najvyšším stupňom usporiadania štruktúry absentuje predovšetkým difrakčné maximum s hodnotou d 4,30 Å.

V študovaných limnosilicitoch jastrabskej formácie má celkové vedúce postavenie kremeň a lokálne opál-CT ± opál-C. Prítomnosť opálu-CT a opálu-C potvrdil Gregor (2009, 2010). Kalcit je akcesoricky prítomný výnimočne (tab. 3, vzorky SKP5704; JP1e5693). Vo viacerých vzorkách sú prítomné inklúzie vrstevnatých silikátov, pravdepodobne smektitu alebo kaolinitu, na prítomnosť ktorých poukazuje difrakčné maximum s hodnotou d 4,44 Å.

Na základe minerálneho zloženia zisteného pomocou röntgenovej práškovej difrakčnej analýzy sa študované vzorky limnosilicitov jastrabskej formácie vyčlenili do troch typov.

Typ 1: Patria tu limnosilicity, na zložení ktorých sa z minerálov zo skupiny SiO_2 podieľa výlučne kremeň bez prítomnosti mikrokryštalických foriem SiO_2 – opálu-CT, resp. opálu-C (tab. 1, obr. 4a). Tento typ limnosilicitu je najviac zastúpený na južnej stene tretej etáže bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP3e) a v lokalite Hliník nad Hronom (HL).

Typ 2: Patria tu limnosilicity, na zložení ktorých sa podieľa kremeň s variabilnou prímесou opálu-CT ± opálu-C (tab. 2, obr. 4b). Difrakčné maximum opálu-CT pri hodnote d 4,33 Å je prítomné vo všetkých do tohoto typu zaradených vzorkách. Výnimkou je vzorka SL 5700A, kde je prítomné difrakčné maximum patriace výlučne opálu-C, ale veľmi



Obr. 4. a – Rtg. difrakčný záznam (XRD pattern) limnosilicitu z lokality Hliník nad Hronom. Všetky difrakčné maximá (peaks) patria kremeňa (quartz); **b** – Rtg. difrakčný záznam limnosilicitu z južnej steny prvej etáže bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok. Difrakčné maximá (peaks) d 4,3 Å; 4,1 Å; 2,5 Å patria opálu-CT ± opálu-C. Ostatné difrakčné maximá patria kremeňa. Difrakčné maximá vytlačené kurzívou sa nepodarilo identifikovať.

Fig. 4. a – X-ray diffractive pattern (XRD pattern) of limnosilicate from the deposit at Hliník nad Hronom. All diffractive peaks pertain to quartz; **b** – XRD pattern of limnosilicate from the southern wall of the first bentonite exploitation level at Stará Kremnička – Jelšovský potok. Diffractive peaks d 4.3 Å; 4.1 Å; 2.5 Å pertain to opal-CT ± opal-C. Remaining diffractive peaks pertain to quartz. Diffractive peaks in italics were not identified.

slabej intenzity, a preto sa nedá s istotou hovoriť o jeho prítomnosti. Tento typ limnosilicitu je v jastrabskej formácii z analyzovaných vzoriek najviac zastúpený na bývalých ložiskách Slaská (SL) a Stará Kremnička – Kotlište (SKK).

Typ 3: K tretiemu typu patria limnosilicity, v ktorých má dominantné postavenie opál-CT s možnou, ale zatiaľ spoľahlivo nepotvrdenou prítomnosťou opálu-C a menšou, prípadne žiadnou prítomnosťou kremeňa (tab. 3). Z tohto pohľadu má výnimočné postavenie vzorka SL5710 zo Slaskej s úplnou absenciou kremeňa. Aj v ostatných vzorkách tohto typu možno prítomnosť kremeňa považovať za nie vysokú. Okrem už spomínanej vzorky zo Slaskej a jej analógu z lokality Stará Kremnička – Potôčik (SKP) všetky ostatné pochádzajú z prvej etáže južnej steny bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP1e). Ide o svetlosivé limnosilicity s vyvinutou lamináciou. Podľa Lexu (2010b) predstavujú uloženiny distálnej fácie horúcich prameňov, ktoré je skôr vhodné považovať za kremité sintre s teplotou vzniku pod 35 °C. V našom prípade ide o vzorky JP1e (tab. 3).

Infračervená spektroskopika (IČ)

Výsledky získané pomocou IČ potvrdili, že na zložení limnosilicítov jastrabskej formácie sa podieľajú vo variabilnom vzájomnom zastúpení kremeňa a opál-CT ± opál-C. IČ spektrum kremeňa sa vyznačuje prítomnosťou vibračných pásov 1 166, 1 090, 798, 780, 694, 514 a 464 cm⁻¹ (vzorka HL 5699/11). Na zázname IČ spektier opálu CT ± opál-C sú zaznamenané len tri vibračné spektrá zodpovedajúce hodnotám 1 105, 789 a 476 cm⁻¹ (vzorka JP1e 5695/7A). Vibračný pás pri 1 632 cm⁻¹ patrí vode nasorbovanej na pripravovanú vzorku a na KBr. Tvar spektra a polohy vibračných pásov prvej vzorky pozostávajúcej výlučne z kremeňa poukazujú na jeho dobre usporiadanú štruktúru.

Tieto výsledky potvrdili všeobecne známu skutočnosť, že pomocou IČ spektroskopie nie je možné rozlíšiť jednotlivé typy opálov. Platí to predovšetkým pre opál-CT a opál-C, pretože ich spektrá sú takmer identické so spektrom tridymitu (Gregor, 2010). Na druhej strane sa dá

spoľahlivo rozlíšiť kremeň od mikrokryštalického opálu-CT (obr. 5).

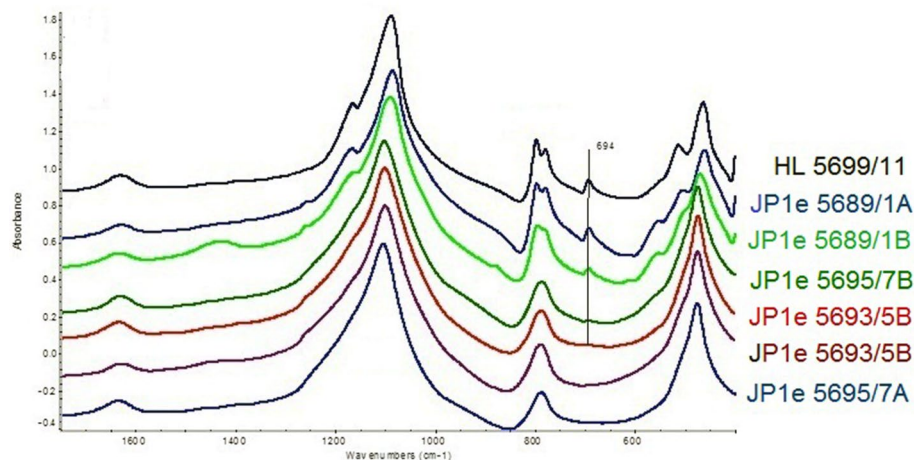
Rastrovacia elektrónová mikroskopia (SEM)

Rastrovacia elektrónová mikroskopia limnosilicítov jastrabskej formácie môže poskytnúť ďalšie informácie o štruktúre povrchu, o tvare a vzájomnom usporiadaní obidvoch základných minerálov, ktoré sa v nich potvrdili röntgenovou difrakčnou analýzou. Rovnako umožňuje nadviazať na poznatky získané optickým polarizačným mikroskopom, keďže tie spoločne majú vplyv na tvrdosť, mernú hmotnosť, leštitelnosť, množstvo odpadu po spracovaní a iné parametre, ktoré vplyvajú na ich využitie v šperkárskej tvorbe.

Na základe morfológie povrchu limnosilicítov je možné v nich vyčleniť trojaký odlišný vývoj. K prvému patria limnosilicity zložené z kremeňa (tab. 1) a pravdepodobne aj tie, ktoré majú variabilnú, ale prevažne len menšiu prímes opálu-CT ± opálu-C (tab. 2). Typický predstaviteľ tohto vývoja je prítomný na obr. 6a. Kremeň je približne rovnomerne zrnitý a alotriomorfne obmedzený. Ďalšie dva druhy vývoja sú prítomné v limnosilicitoch, v ktorých má dominantné zastúpenie opál-CT ± opál C. Jeden z nich pozostáva z lepisfér tvorených drobnými čepelovitými agregátmi (obr. 6b, 6c). Druhý má odlišný vývoj. Patrí limnosilicitu, ktorý Lexa et al. (2010) označujú ako laminovaný. Indikuje depozíciu v distálnej zóne horúcich prameňov pri teplote vzniku pod 35 °C. Jednotlivé lamely majú nepravidelnú hrúbku s nepravidelným rozmiestnením sférických útvarov uprostred nich. Majú pravdepodobne rastlinný pôvod (obr. 6d).

Gemologické spracovanie limnosilicítov

Limnosilicity, ktoré boli predmetom gemologického výskumu, boli vybrusované do tvaru kabošon. V prípade hrubého brúsenia je proces dlhší (závisí to od veľkosti a tvaru kabošonu), trvá do 75 min.. Pri jemnom brúsení limnosilicítov sa proces podstatne skracuje. Počas každého postupu výroby výbrusov vznikajú straty. Pod pojmom



Obr. 5. IČ spektrá limnosilicítov jastrabskej formácie. Vzorky sú usporiadané od limnosilicitu zloženého z kremeňa (HL 5699/11) až po vzorku s prevahou opálu-CT ± opálu C (JP1e 5693/5A). HL – Hliník nad Hronom; JP1e – južná stena prvej etáže bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok.

Fig. 5. Infrared spectra of limnosilicites from the Jastrabá Formation. The samples are arranged starting with the limnosilicite consisted of quartz (HL 5699/11) to the sample in which opal-CT ± opal-C (JP1e 5693/5A) prevails. HL – Hliník nad Hronom; JP1e – southern wall of the first bentonite level at Stará Kremnička – Jelšovský potok deposit.

Tab. 4

Priemerná dĺžka trvania jednotlivých postupov brúsenia kabošonov a hodnoty strát vzniknutých počas brúsenia. Všetky hodnoty sú uvádzané pri spracovaní veľkých kameňov. Veľkosť vyhotovených kabošonov sa pohybovala v rozpätí od 15 do 47 mm
Average time length of particular steps and weight loss during the process of cabochon cutting. All the values recorded refer to big stones. Size of complete cabochons ranges from 15 to 47 mm

Tvar kabošonu	Priemerná dĺžka trvania [v min.]			Straty pri brúsení [v %]
	Tvarovanie	Hladenie	Leštenie	
Okrúhly	28	10	20	65
Oválny	25	10	23	57
Obdĺžnik	35	15	45	60
Štvorec	40	15	45	63
Trojuholník	22	15	35	68
Nepravidelný	75	20	50	50

straty myslíme tie časti suroviny, ktoré sú nepoužiteľné na ďalšie spracovanie, rovnako ako aj odpad vo forme prachu a malých úlomkov z rezania a brúsenia (tab. 4).

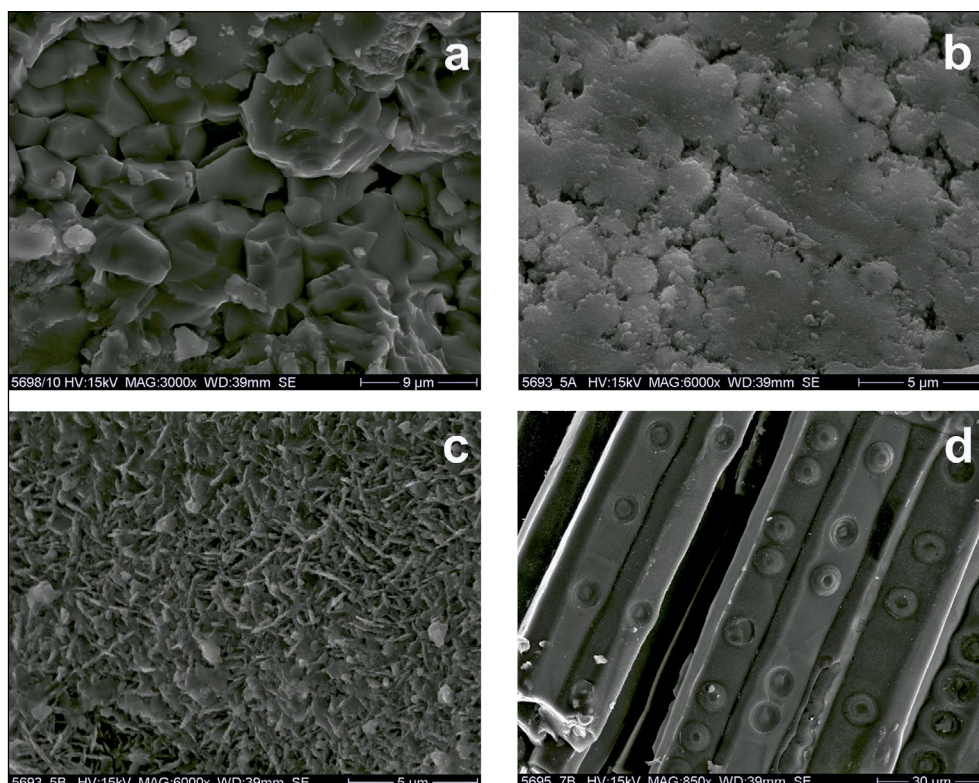
Na základe výsledkov viacerých analytických a technologických metód vyplýva, že na šperkárske využitie sú najvhodnejšie typy výbrusov kabošony. Najkvalitnejšie sú tie limnosilicity, ktoré obsahujú v prevažnej miere kremeň

Tab. 5

Hodnoty nasiakavosti vybrusovaných vzoriek
Absorbability values of samples

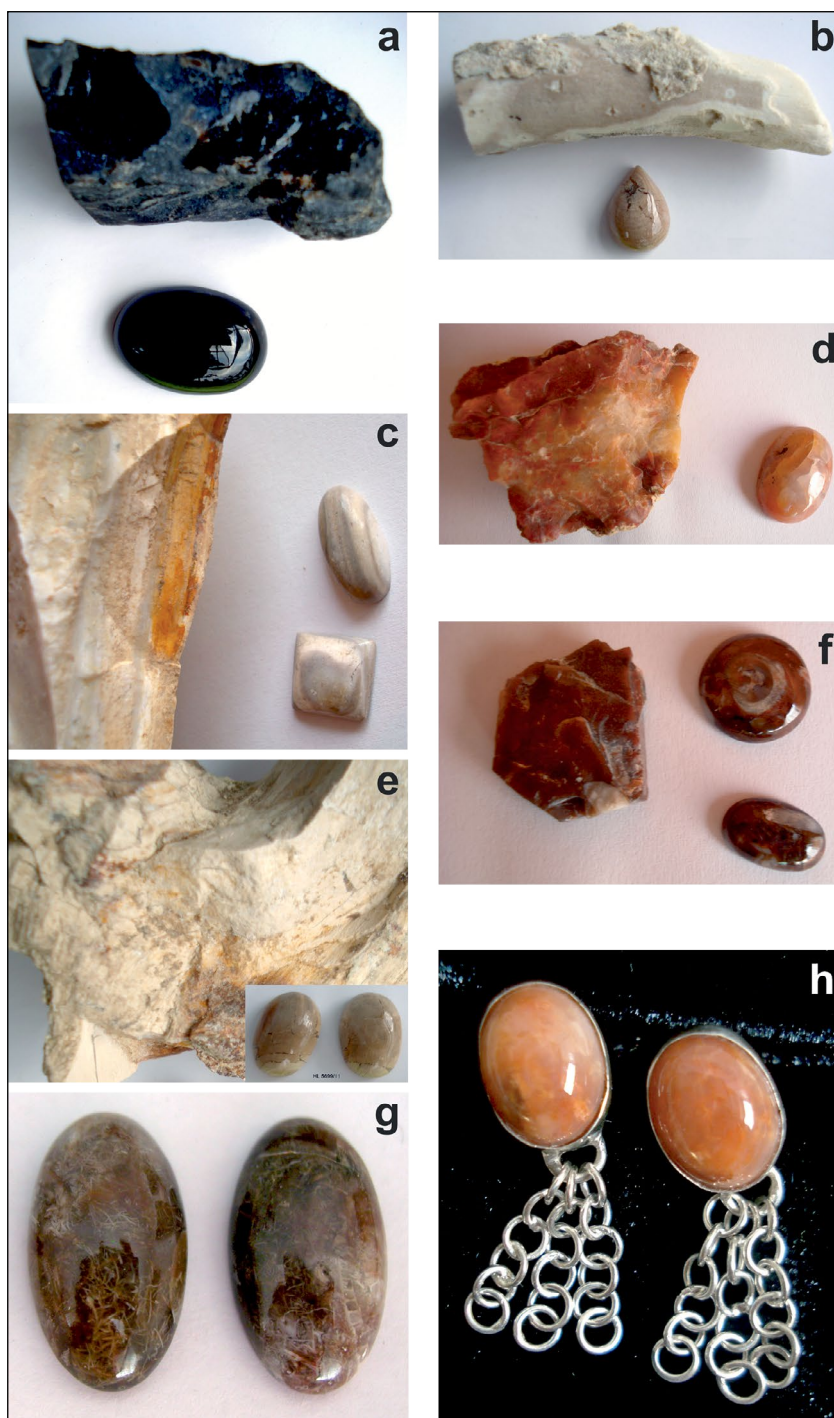
Č. vzorky	Hmotnosť pred ponorením do H ₂ O (g)	Hmotnosť po vybratí z H ₂ O (g)	Rozdiel vo váh. % po 96 hodinách
5690/2A (JP)	24,546	24,695	0,607
5695/7A (JP2)	13,284	13,619	2,522
5689 (JP1)	21,566	21,860	1,363
5693/5A (JP)	12,102	12,673	4,718
5696/8 (HL)	5,427	5,465	0,700
5697/9 (HL)	23,966	24,103	0,572
5698/10 (HL)	26,537	26,834	1,119
5699/11 (HL)	15,866	16,153	1,809

(z farebných variantov ide najmä o čierne, tmavohnedé, hnedé). Ojedinelé žilky chalcedónu, ktoré sú v limnosilicity prítomné, nie sú pri brúsení prekážkou. Je potrebné vedieť dobre orientovať smer brúsenia. Viditeľné dutinky, ktoré zostávajú aj po leštení vzorky na povrchu, je možné vyplniť rôznymi pastami, prípadne voskom. Čiastočný podiel jemného rastlinného detritu tiež neprekáža, naopak, dodáva zvláštnosť a originalitu každému výbrusu. Dobré lešiteľné sú limnosilicity so štruktúrou dreva. Limnosilicity sivé a tie, v ktorých sa prejavuje vrstevnatosť, nie sú



Obr. 6. a – SEM obrázok limnosilicity zloženého z kremeňa; b – SEM obrázok limnosilicity zloženého z lepisfér opálu-CT ± opálu-C; c – SEM obrázok limnosilicity zloženého z čepielok lepisfér opálu-CT ± opálu-C; d – SEM obrázok lamelovaného limnosilicity zloženého z opálu-CT ± opálu-C Plant origin.

Fig. 6. a – SEM image of limnosilicity consisted of quartz; b – SEM image of limnosilicity consisted of opal-CT ± opal-C lepispheres; c – SEM image of limnosilicity consisted of opal-CT ± opal-C lepisphere blades; d – SEM image of lamellar limnosilicity consisted of opal-CT ± opal-C Plant origin.



Obr. 7. **a** – Limnosilicít čiernej farby (vzorka JP1e 5689/1A) – surovina a vybrúsený kabošon. Obsah rastlinnej časti; **b** – Silicifikovaný konárik a výbrus kabošon s výraznými letokruhami. Vzorka JP1e 5695/7A; **c** – Laminovaný limnosilicít sivý a bielej farby a výbrus kabošon. Vzorka JP1e 5693/5A; **d** – Karneolovočervený limnosilicít, Stará Kremnička – Kotlište (SKK); **e** – Vybrúsené silicifikované drevo, Hliník nad Hronom (HL 5699/11); **f** – Červený – bordový limnosilicít s hrubou rastlinnou drťou, Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP3c), okrúhly – rez kolmo na steblo trávy); **g** – Limnosilicít s rastlinnou drťou, Stará Kremnička – Kotlište (SKK); **h** – Aplikácia limnosilicítov do šperkov. Autorka: Z. Pulišová.

Fig. 7. **a** – Limnosilicite of black colour (sample JP1e 5689/1A) – a raw stone and a cut cabochon. Plant origin; **b** – Silicified wood and a cut cabochon with noticeable growth rings. Sample JP1e 5695/7A; **c** – Lamellar limnosilicite of grey and white colours and a cut cabochon. Sample JP1e 5693/5A; **d** – Carnelian-red limnosilicite from the Stará Kremnička – Kotlište (SKK) deposit; **e** – Cut silicified wood from the Hliník nad Hronom deposit (sample HL 5699/11); **f** – Claret-red limnosilicite including coarse grains of plants from the Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP3c) deposit; round perpendicular section of a grass stem; **g** – Limnosilicite with crushed plants from the Stará Kremnička – Kotlište (SKK) deposit; **h** – Limnosilicites in jewellery. Made by: Z. Pulišová.

vhodným materiálom na brúsenie. Vrstevnaté limnosilicity sa počas brúsenia rozpadajú a zle sa leštia. Pokusne boli brúsené aj limnosilicity z lokality Stará Kremnička – Kotlište (SKK, karneolovočervenej farby) a ďalšie z Hliníka nad Hronom (HL) (obr. 7a – 7g). Vyššia nasiakavosť sa prejavila pri vzorkách silicifikovaných drev. Zvýšené hodnoty nasiakavosti (tab. 5) zatiaľ neovplyvnili rýchlosť ani kvalitu výbrusov na šperkové účely.

Záver

V študovaných limnosilicityoch jastrabskej formácie má celkové vedúce postavenie kremeň a lokálne opál-CT $\pm$ opál-C. Kalcit je akcesoricky zastúpený výnimočne. V niektorých vzorkách sú prítomné inklúzie vrstevnatých silikátov patriace pravdepodobne smektitu alebo kaolinitu. Optickou mikroskopiou bol jasne rozlíšiteľný kremeň, prítomnosť chalcedónu charakterizujú výplne jemných žíl, v niektorých sú prítomné zvyšky rastlín.

Na základe minerálneho zloženia zisteného pomocou röntgenovej difrakčnej analýzy sa v študovaných limnosilicityoch vyčlenili tri typy. V prvom sú limnosilicity zložené výlučne z kremeňa bez prítomnosti opálu-CT, resp. opálu-C (tab. 1). Sú prednostne zastúpené na južnej strane tretej etáže bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP3e) a v lokalite Hliník nad Hronom (HL). V druhom type sú limnosilicity zložené hlavne z kremeňa s variabilnou prímесou opálu-CT $\pm$ opálu-C. Nachádzajú sa hlavne na bývalých ložiskách Slaská (SL) a Stará Kremnička – Kotlište (SKK) (tab. 2). K tretiemu typu patria limnosilicity, v ktorých prevláda opál-CT $\pm$ opál-C $\pm$ kremeň. Väčšina z nich pochádza z prvej etáže južnej steny bentonitového ložiska Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP1e) a jedna sa zistila na bývalom ložisku Slaská (SL) a v lokalite Stará Kremnička – Potôčik (SKP) (tab. 3).

Výsledky získané pomocou IČ spektroskopie potvrdili, že pomocou tejto metódy nie je možné rozlíšiť jednotlivé typy opálov, čo platí predovšetkým pre opál-CT a opál-C.

Na základe morfológie povrchu v rastrovacom elektrónovom mikroskope sa v limnosilicityoch zložených prevažne z opálu-CT $\pm$ opálu-C vyčlenili dva odlišné vývoje. Jeden tvoria lepisféry (obr. 6b, 6c) a druhý lamely (obr. 6d).

V závere treba konštatovať, že analytickými a technologickými metódami bolo potvrdené, že limnosilicity sú pomerne vhodným materiálom na výrobu šperkov, hlavne ak ide o originálne, prevažne ručne robené šperky, v ktorých je použitý jeden kameň. Nie sú však typom vhodným na sériovú výrobu šperkov s použitím rovnakých kameňov, pretože je problematické nájsť dve alebo viac rovnakých častí vhodných na brúsenie. Vhodnejšie sú typy, ktoré obsahujú v prevažnej väčšine kremeň. Tie sú masívnejšie, menej pórovité a tvrdšie. Brúšia sa ťažšie a dlhšie, ale dobre sa leštia. Menej vhodné sú tie typy, v ktorých je prítomný opál-CT alebo opál-C. Tie sa síce brúšia ľahšie aj kratšie, ale sú krehké. Ďalšiu skupinu tvoria silicifikované dreva, ktoré sa brúšia pomerne dobre a majú jednu vlastnosť navyše, tou je ich estetický vzhľad.

Podakovanie. Ďakujeme RNDr. Jane Madejovej, DrSc., z Ústavu anorganickej chémie SAV v Bratislave za zhotovenie a interpretáciu výsledkov získaných pomocou infračervenej spektroskopie.

Práca vznikla vďaka finančnej podpore grantu Fakultné centrum vývoja a výskumu č. 3/2013, FPV UKF v Nitre a podporou grantu č. 011UMB/4/2011.

References

- BÁRTA, J., 1991: Strednepaleolitická dielňa v Bartošovej Lehôtke. *Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku (AVANS) za rok 1981, Nitra*, 20 – 21.
- BEŇO, J. & OČENÁŠ, D., 1968: Žiarska kotlina – limnokvarcit – sprievodné horniny. Záverečná správa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 76 s.
- ELZEA, J. M., ODOM, I. E. & MILES, W. J., 1994: Distinguishing well ordered opal-CT and opal-C from high temperature cristobalite by x-ray diffraction. *Analytica Chimica Acta*, 286, 1, 107 – 116.
- CIESARIK, M. & OČENÁŠ, D., 1964: Stará Kremnička – limnokvarcit. Záverečná správa a výpočet zásob. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 97 s.
- DEMKO, R. ed., 2010: Mapy paleovulkanickej rekonštrukcie ryolitových vulkanitov Slovenska a analýza magmatických hydrotermálnych procesov, regionálny geologický výskum. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 728 s.
- ĐUĐA, R., DIANIŠKA, I., HURNÝ, J., BELEŠ, F. & BOŽÁLKOVÁ, I., 1985: Slovensko – drahé a ozdobné kamene. Záverečná správa a výpočet zásob, I. etapa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 415 s.
- FIALA, F., 1961: Geologicko-petrografický výskum centrálnej a južnej časti Kremnických hor za léta 1955 – 1960. *Manuskript. Archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava*, 105 s.
- FLÖRKE, O. W., GRAETSCH, H., MARTIN, B., ROLLER, K. & WIRTH, R., 1991: Nomenclature of micro-and non-crystalline silica minerals, based on structure and microstructure. *Neu. Jb. Mineral., Abh.*, 163, 19 – 42.
- GRAETSCH, H., GIES, H. & TOPALOVICH, I., 1994: NMR, XRD and IR study on microcrystalline opals. *Physics and Chemistry of Minerals*, 21, 166 – 175.
- GREGOR, M., 2009: Mineralogická klasifikácia amorfného až mikrokryštalického SiO₂ s príkladmi zo Západných Karpát. *Acta rerum naturalium Musei Nationalis Slovaca*, 55, 3 – 17.
- GREGOR, M., 2010: Využitie infračervenej spektroskopie pri štúdiu prírodného amorfného oxidu kremičitého. *Správa o výskume Slovenskej spoločnosti, 17*, 2, 27 – 32.
- FISCHER, K., 1995: Edelsteinbearbeitung, Band 1, Rühle-Diebener-Verlag, Stuttgart, 307 p.
- HOVORKA, D. & ILLÁŠOVÁ, L., 2002: Anorganické suroviny doby kamennej. *Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre*, 187 s.
- HRUŠKOVICH, S., 1971: Ložiská kremencov na Slovensku. *Miner. Slov.*, 3, 12 – 13, 575 – 586.
- CHERNYSHEV, I. V., KONEČNÝ, V., LEXA, J., KOVALENKER, V. A., JELEN, S., LEBEDEV, V. A. & GOLTSMAN, Y. V., 2013: K-Ar and Rb-Sr geochronology and evolution of the Štiavnica Stratovolcano (Central Slovakia). *Geol. Carpath.*, 64, 4, 327 – 351.
- JONES, J. B. & SEGNET, I. R., 1971: The nature of opal. I. Nomenclature and constituent phases. *J. Geol. Soc. Aust.*, 18, 57 – 68.
- KETTNER, R., 1923: Slovenské limnokvarcity. *Čas. Mineral. Geol.*, 1, 4, 109 – 111.
- KETTNER, R., 1928: Příspěvek k poznání geologických poměrů hrnské kotliny Svätokřížské. *Rozpr. Čes. Akad. Věd Umění, Tř. II*, 37, 9, 1 – 13.
- KONEČNÝ, V., LEXA, J. & PLANDEROVÁ, E., 1983: Stratigrafické členenie neovulkanitov stredného Slovenska. *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 9, 205.
- KRAUS, I. & KUŽVART, M., 1978: Ložiska nerud. *Nakladatelství technické literatury, Praha*, 228 s.
- KRAUS, I., ŠAMAJOVÁ, E., ŠUCHA, V., LEXA, J. & HRONCOVÁ, Z., 1994:

- Diagenetic and hydrothermal alterations of volcanic rocks into clay minerals and zeolites. (Kremnické vrchy Mts., the Western Carpathians). *Geol. Carpath.*, 45, 3, 151 – 158.
- LEXA, J. & BARTALSKÝ, B., 1999: Low-Sulphidation Epithermal Gold Deposit at Kremnica. In: Molnár, F., Lexa, J. & Hedenquist, J. W. (eds.): *Epithermal mineralization of the Western Carpathians. Society of Economic Geologists, Guidebook Series*, 31, 265 – 273.
- LEXA, J., 2010a: Paleovulkanická rekonštrukcia ryolitového vulkanizmu jastrabskej formácie. In: Demko, R. (ed.): *Mapy paleovulkanickej rekonštrukcie ryolitových vulkanitov Slovenska a analýza magmatických hydrotermálnych procesov. Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 728 s.
- LEXA, J., 2010b: Litofaciálna analýza jastrabskej formácie. In: Demko, R. (ed.): *Mapy paleovulkanickej rekonštrukcie ryolitových vulkanitov Slovenska a analýza magmatických hydrotermálnych procesov. Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 728 s.
- LEXA, J., KODĚRA, P., GREGOR, M., PIPÍK, R., KOTULOVÁ, J. & BIRON, A., 2010: Objasnenie vývoja lakustrických panvičiek s limnosiliciti. In: Demko, R. (ed.): *Mapy paleovulkanickej rekonštrukcie ryolitových vulkanitov Slovenska a analýza magmatických hydrotermálnych procesov. Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 728 s.
- Mišík, M., 1975: Petrograficko-mikropaleontologické kritéria pre zisťovanie proveniencie silicitových nástrojov na Slovensku. *Folia Univ. Purkyn. brn.*, Geol., Brno, 16, 10, 89 – 107.
- PETEREC, D., ĎUĎA, R. & BAČO, P., 1992: Slovensko – drahé a ozdobné kamene. Závěrečná správa a výpočet zásob, II. etapa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 204 s.
- PULISOVÁ, Z., 2009: Limnosilicite (limnokvarcit) zo Starej Kremničky. In: *Gemol. spravodajca*, 4. Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 18 – 22.
- TURAN, J., 1958: Správa o výskyte limnokvarcitov z oblasti Slaská a Lutila v Žiarskej kotline. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol.*, 1, 181 – 193.
- TURNOVEC, I., COGAN, M., HAKEN, Z. & KUNT, J., 1992: Broušení drahých kamenů. *Nakladatelství Kotva, Hradec Králové*, 189 s.
- TURNOVEC, I. & ILLÁŠOVÁ, L., 2009: Brúsenie šperkových a ozdobných kameňov. 1. časť. *Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre*, 80 s.
- UHLÍK, P., JÁNOŠÍK, M., KRAUS, I., PENTRÁK, M. & ČAPLOVIČOVÁ, M., 2012: Charakterizácia bentonitu z ložiska Hliník nad Hronom. (Jastrabská formácia štiavnického stratovulkánu, Západné Karpaty). *Acta Geol. Slov.*, 4, 2, 125 – 137.
- ZUBEREC, J. & OČENÁŠ, D., 1973: Jelšovský potok – bentonit. Závěrečná správa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 84 s.

Rukopis doručený 23. 9. 2013

Revidovaná verzia doručená 11. 12. 2013

Rukopis akceptovaný red. radou 11. 2. 2014

Limnosilicites of the Jastrabá Formation in the Kremnica and Štiavnica hills (Western Carpathians) – Potential jewellery material in Slovakia

In Slovak geology, the term “limnoquartzites” was usually used for silicites that were formed simultaneously with the rhyolite volcanism of the Kremnica and Banská Štiavnica stratovolcano in the Western Carpathians lake environment (Kettner, 1923). As the recent knowledge has proven, the rock is composed of various SiO₂ forms – in addition to quartz it can include chalcedony, opal-CT and opal-C, therefore the term “limnosilicite” is more adequate (Gregor, 2009). Limnosilicite rocks have not been attractive for jewellery making up to now as there was no interest for their use in this field, related to poor knowledge.

In the silicites of the Jastrabá Formation under study, quartz is prevailing and opal-CT ± opal-C occur locally. Accessory calcite is rare. Some samples include inclusions of layered silicates probably of smectite or kaolinite. The quartz was proven by optic microscopy; the chalcedony is present in fine veins with microfiber structure. In some samples the remains of plants are visible (e.g. Fig. 3h).

Within the limnosilicites under study, three types were distinguished after X-ray diffraction analyses of their mineral composition. The first type is limnosilicites is composed only of quartz, with no admixture of opal-CT or opal-C (Tab. 1). They are prevailing type on the southern side of the bentonite exploitation level at Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP3e) and at the Hliník nad Hronom deposit. The second type includes limnosilicites composed of quartz with variable admixture of opal-CT ± opal-C. They were found mainly at former deposits in Slaská (SL)

and Stará Kremnička – Kotlište (SKK; Tab. 2). The third type represents limnosilicites with prevailing opal-CT ± opal-C ± quartz. Most of them are the limnosilicites from the southern side of the first exploitation level of bentonite at Stará Kremnička – Jelšovský potok (JP1e); one sample comes from the former deposit in Slaská (SL) and one from the deposit in Stará Kremnička – Potôčik (SKP; Tab. 3). Results obtained by IR spectroscopy proved this method is not suitable for distinguishing of every single opal type, first of all the opal-CT and opal-C.

Two different developments were distinguished in the limnosilicites composed mostly of opal-CT ± opal-C after analysing of their surface morphology in scanning electron microscope – one with lepispheres (Fig. 6b and 6c) and the other with lamellas (Fig. 6d).

Analytical and technological methods proved the limnosilicites to be rather suitable material mainly for original hand-made jewellery pieces, in which one stone is used. These rocks are not suitable for mass production as it is a problem to find two or more similar sections for cutting. The types with prevailing quartz in composition are more suitable as they are massive, less porous and harder. Their cutting is harder and takes longer time, but they are well polishable. The types with opal-CT or opal-C in their composition are less suitable because they are fragile. Another group represents silicified woods, which are rather well cut and have a very aesthetic look in addition.