

Fluidné uzavreniny sekundárnych kvarcitov štiavnického stratovulkánu

VILIAM ORUŽINSKÝ*, VRATISLAV HURAI**

* Geologický ústav SAV, oddelenie nerastných surovín Vajanského 13,
851 01 Banská Bystrica

** Geologický ústav Univerzity Komenského, Zadunajská 15, 974 01 Bratislava

(4 obr., 1 foto a 2 tab. v texte)

Doručené 1. 8. 1984

Флюидальные включения вторичных кварцитов щавницкого стратовулканического строения

Результаты изучения включений вторичных кварцитов кенозойской штиавницкой вулканической структуры показали на деятельность слабо концентрированных растворов (менее чем 2.7 вес. % NaCl экв.) с преобладающими хлоридами натрия и калия и редким присутствием углекислоты. Характер включений свидетельствует о наличии динамической гидротермально-пневматолитической среды и о резком колебании термодинамических параметров (166—270 °C, 6—55 бар). Определённые температуры и давления как и химический состав растворов исключают возможность синседиментарного генезиса, так как и деятельность низко и средне термальных сольфатаров.

Fluid inclusions in secondary quartzites of Banská Štiavnica stratovolcano

The presence of low-saline solutions (below 2.7 wt. % NaCl eq.) containing NaCl, KCl and rare carbon dioxide have been found to occur within fluid inclusions of the so-called secondary quartzites from Cenozoic Banská Štiavnica volcanic structure. Characterization of fluid inclusions suggests the dynamical liquid- and/or vapour-dominated environment with thermodynamic conditions to vary between 166—270 °C and 6—55 bars, respectively. Temperatures and pressures estimated as well as composition of fluids contrast with conceptions about either synsedimentary origin or action of low-to-medium thermal solphatares.

Hlavným zástancom sekundárnych kvarcitov, ako samostatnej metasomatickej formácie, bol N. I. Nakovnik (1968), ktorý

ich chápe ako hydrotermálne alterované horniny vulkanotektonických štruktúr postihnutých silným acidným vylúhova-

ním. D. S. Koržinskij (1961) tieto horniny pričleňuje k procesom prikontaktového vylúhovania v subvulkanických podmienkach. Všeobecne považuje sekundárne kvarcity za obdobu greizenov formujúcich sa v pripovrchových úrovniach vulkanických komplexov.

O vzťahu sekundárnych kvarcitov a rúd existuje množstvo údajov (Vlasov — Borisov, 1970; Pavlova, 1978). Samotná formácia nie je vždy rudonosná, ale vyskytuje sa s rudami často v takých vzťahoch, že ich objasnenie môže značne prispieť k prospekcii určitých rudných akumulácií.

V tejto práci sme sa sústredili na dva najznámejšie lokality sekundárnych kvarcitov z oblasti stredoslovenských neovulkanitov — Šobov pri Banskej Štiavnici a Kamenný vrch pri Banskej Belej. Obidve lokality sa nachádzajú v centrálnej časti štiavnického vulkanického aparátu, ktorého zložitý vývoj prebiehajúci pravdepodobne v piatich samostatných vývojových etapách podrobne opísal V. Konečný (1969, 1971).

Častá prítomnosť kryštalického kremeňa s makroskopickými plynokvapalnými uzavreninami predurčuje tieto lokality na aplikáciu mikrotermometrických metód umožňujúcich získať predstavu o termodynamickom režime a chemickej povahe alteračných procesov, ktoré pôsobili pri vzniku sekundárnych kvarcitov.

Často sa diskutuje o genéze tzv. šobovských kremencov, ktoré sú vďaka svojim chemickým a mechanickým vlastnostiam vhodné na výrobu dinasového materiálu. Podľa S. Poláka (1963) šobovské kremence tvoria relikty mohutného kremenitého komplexu, ktorý syngeneticky sedimentoval s horninami tzv. šobovskej série vo forme nepravidelných šoškovitých telies pozdĺž Z—V smeru. Vlastné ložisko je tektonicky rozsegmentované na veľké bloky kulisovito usporiadané (obr. 1). Výskyt na Kamennom vrchu považuje ten istý autor za utrhnutý blok vlastného šobovského ložiska, ktorý bol do dnešnej pozície pretransportovaný andezitovým lávovým prúdom (obr. 2).

M. Koděra — J. Kováčik (1968) predpokladajú, že šobovské kremence vznikli lokálnou intenzívnou silicifikáciou tzv. šobovskej série pôsobením solfatár s obsahom CO_2 , H_2S , SiO_2 a H_2O v stredne a nízkotermálnych podmienkach. Silná solfatárová činnosť bola dozvukom vulkanickej aktivity spojennej s výlevmi hornín druhej andezitovej fázy, a je teda staršia ako vlastné polymetalické zrudnenie tejto oblasti.

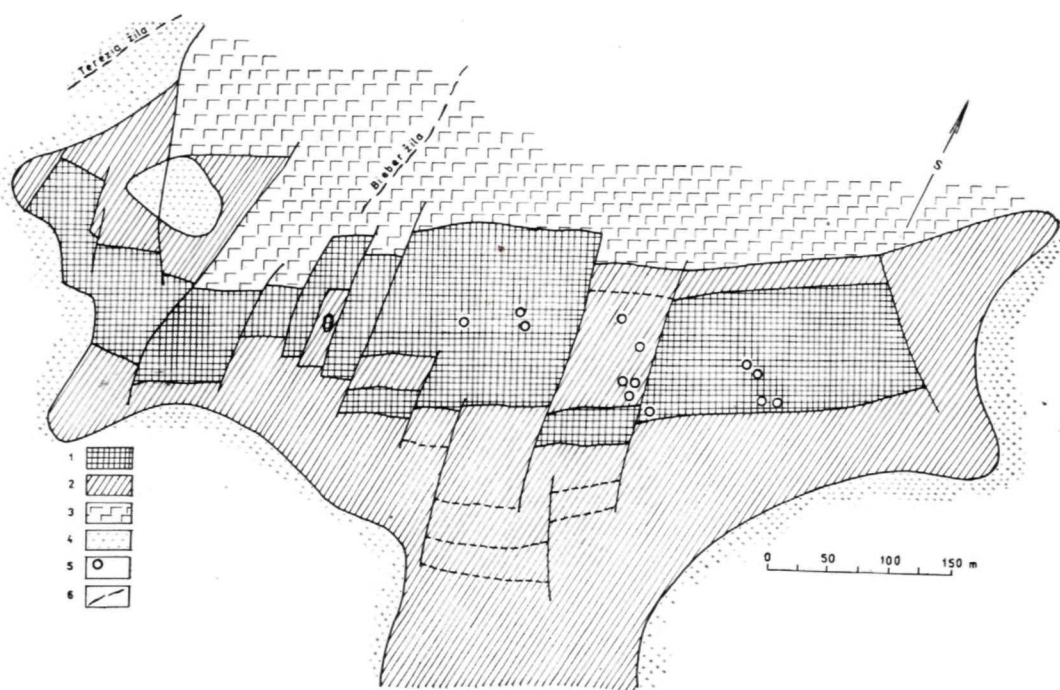
V ostatnom čase J. Štohl (1976) spája vznik sekundárnych kvarcitov so šobovským intrakalderovým zlomom, ktorý sa formoval v priebehu prvej vývojovej etapy štiavnickej vulkanickej stavby. Táto etapa tesne predchádzala vznik rudných skarnov a vlastného žilného polymetalického zrudnenia a podľa mienky autora je najstaršou v štiavnickom vulkanickom aparáte.

Metodika výskumu a odber vzoriek

Z kryštalického kremeňa sme odobrali a spracovali 18 vzoriek, z toho 13 vzoriek bolo z ložiska Šobov, ostatné z lokality Kamenný vrch. V niekoľkých prípadoch sa súčasne študoval charakter fluidných uzavrenín a chemické zloženie výluhov.

Fluidné uzavreniny sme sledovali v obojstranne leštených preparátoch, hrúbky 0,2—0,5 mm, zhotovených z kryštálov kremeňa. Pozorovanie fázových zmien v rozsahu —100 až +400 °C sa uskutočnilo na zahrievacom stolíku LEITZ 350 a kryometrickej aparatúre CHAIX-MECA. Zaznamenáva tieto údaje: T_h — homogenizačná teplota uzavrenín, T_{f1} — začiatok tavenia zmrazenej kvapalnej fázy, T_{f2} — koniec tavenia zmrazenej kvapalnej fázy, T_s — teplota vysublimovania tuhého kyslíčnika uhličitého.

Z teploty T_{f2} sme vypočítali celkovú koncentráciu rozpustených solí v roztoku podľa rovnice R. V. Pottera et al. (1977) a vyjadrili v hmotnostných percentách ekvivalentov NaCl (hmot. % NaCl ekv.). Kvantitatívne zastúpenie hlavných katiónov sa zisťovalo vo výluhoch z kremeňa rozdrveného v oceľovom valci naplnenom redestilovanou a deionizovanou vodou.



Obr. 1. Geologická mapa ložiska Šobov s lokalizáciou vzoriek (upravené podľa Poláka, 1960). 1 — kremenec, 2 — šobovská séria, 3 — dacit, 4 — svahová hlina, 5 — lokalizácia vzoriek, 6 — priebeh rudných žíl

Fig. 1. Geologic map of the Šobov locality with sample locations (modified after Polák, 1960). 1 — secondary quartzites, 2 — volcanogenic šobov serie, 3 — dacite, 4 — Quarternary, 5 — sample locations, 6 — ore veins

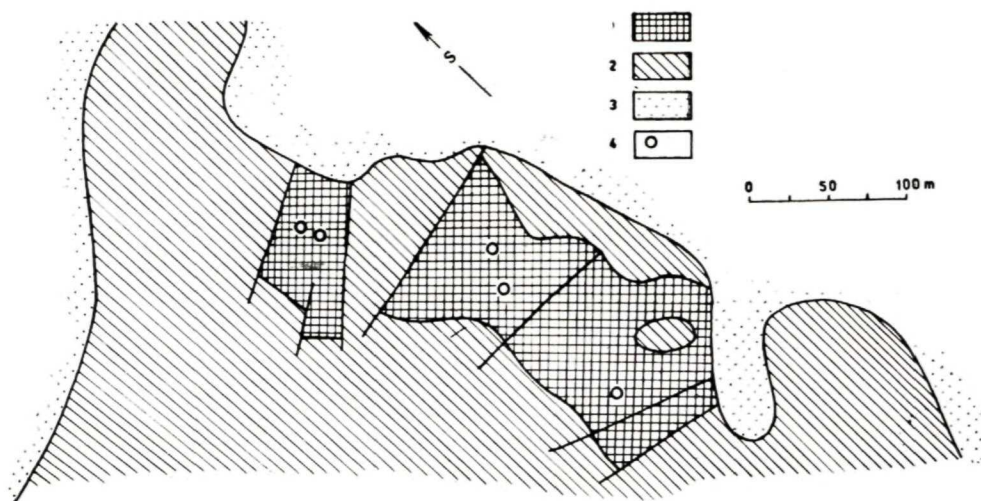
Obsah Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} vo výluhu sme stanovili pomocou atómového absorpčného spektrometra Perkin-Elmer 380, zatiaľ čo obsah ostatných katiónov sa určil semikvantitatívnou spektrálnou analýzou odparku na spektrografe PGS-2.

Charakter uzavrenín

V kremeňoch z oboch lokalít môžeme pri normálnej teplote pozorovať dvojfázové uzavreniny typu kvapalina — plyn. Podľa pomeru kvapalnej a plynnej fázy sme rozlíšili systémy uzavrenín typu L s prevahou kvapalnej fázy, v ktorých objem plynu nepresahuje 25 obj. % a sys-

témy uzavrenín typu G, s opačnými fázovými vzťahmi. Tretím typom sú systémy uzavrenín s variabilným pomerom kvapalnej a plynnej fázy, pričom vo výnimočnom prípade vedľa seba pozorujeme uzavreniny typu L a G (obr. 3, a-c).

Existenčnú oblasť vyčlenených typov uzavrenín ilustruje obr. 4, kde je znázorená krivka dvojfázovej rovnováhy kvapalina — plyn pre čistú vodu, zkonštruovanú podľa údajov J. L. Haasa (1976). Krivka zodpovedá termodynamickým podmienkam, v ktorých je možná koexistencia kvapalnej a plynnej fázy daného systému (roztok sa nachádza v stave varu). Pole existencie plynného fluida zaberá



Obr. 2. Geologická mapa ložiska Kamenný vrch (upravené podľa Poláka, 1962). 1 — kremenec, 2 — andezit, 3 — svahová hlina, 4 — lokalizácia vzoriek

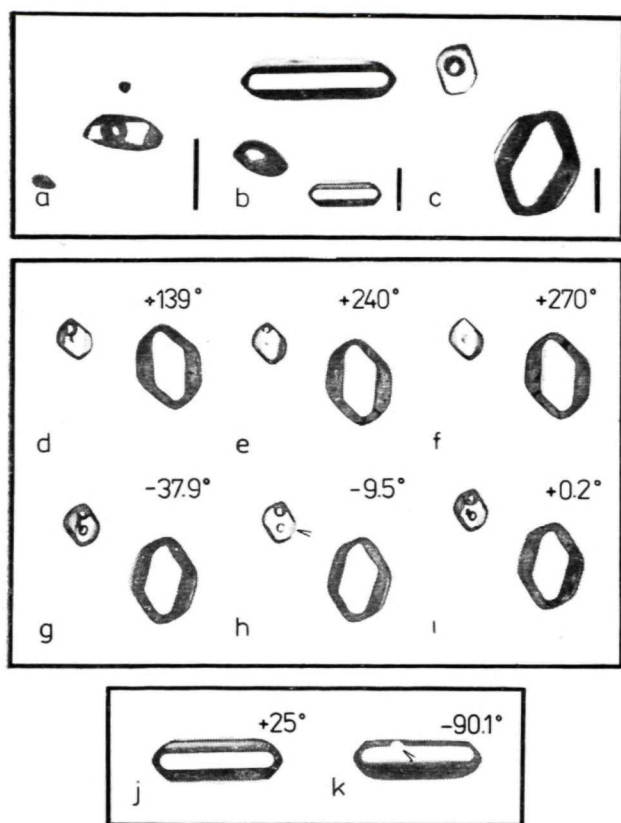
Fig. 2. Geologic map of the Kamenný vrch locality with sample locations (modified after Polák, 1962). 1 — secondary quartzites, 2 — andesite (pyrox.-amf.-biot.), 3 — Quarternary, 4 — sample locations

oblasť nízkych tlakov pod krivkou a naopak, pole existencie kvapalného fluida je nad touto krivkou v oblasti vyšších tlakov.

Predpokladáme, že minerál kryštalizoval z homogénneho roztoku vody bez rozpustných solí pri teplote 210°C a tlaku 100 barov. Merná hmotnosť mineralizačného roztoku sa v týchto podmienkach rovná približne $0,86\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Za predpokladu, že hostiteľský minerál má zanedbateľnú termálnu expanzibilitu, potom roztok zachytený v inklúzii sa bude chovať ako izochorický systém. Pri poklese teploty okolitého prostredia sa v uzavrenine prudko zníži tlak v súlade s priebehom izochory $0,86\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (obr. 4). V momente dosiahnutia krivky dvojfázovej rovnováhy pri 200°C sa v kvapalnej fáze objaví plynová bublina, ktorej objem sa pri ďalšom ochladzovaní zväčšuje, no nikdy neprevýši objem kvapaliny (uzavreniny typu L). Pri opačnom procese, čiže zahrievaní z nor-

málnej teploty, plynová bublina opäť zmizne pri 200°C a tento moment registrujeme ako bod homogenizácie Th.

Ak minerál kryštalizoval pri teplote 210°C , ale tlak fluidného systému dosahoval iba 15 barov, potom sa v uzavreninách zachytáva fluidum s mernou hmotnosťou $0,008\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, ktoré je v týchto podmienkach stabilné. V tomto prípade sa pri poklese teploty na 200°C objaví na stenách uzavrenín tenký film kvapalnej fázy a pri normálnej teplote spozorujeme v hostiteľskom mineráli uzavreniny typu G. Z uvedených príkladov vyplýva, že homogenizačné teploty dvojfázových uzavrenín typu L alebo G sú vždy menšie, ako sú teploty pri ich zachytení. Reálnej teplote kryštalizácie sa budú približovať len v tom prípade, ak tlak fluidného prostredia bol zanedbateľný. Avšak v subvulkanických podmienkach s plytkou cirkuláciou mineralizačných roztokov tlaky fluid nemôžu prekročiť niekoľko stovák barov. Ak



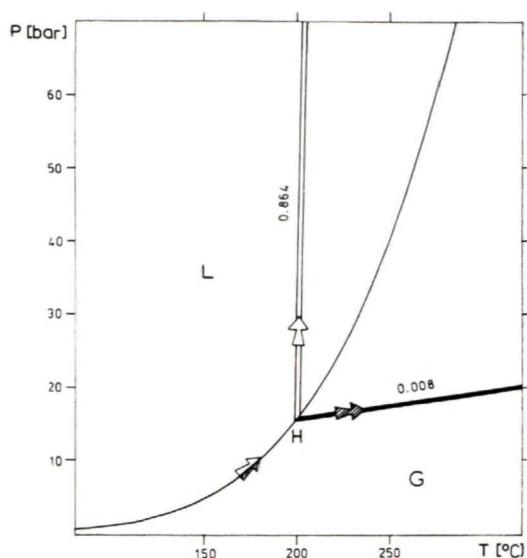
Obr. 3. a — Uzavreniny roztokov s prevahou kvapalnej fázy (L — Kamenný vrch, škála zodpovedá veľkosti 0,1 mm), b — Uzavreniny roztokov s prevahou plynnej fázy (G — lokalita Šobov, škála zodpovedá 0,1 mm), c — Koexistencia inklúzií plynu a kvapaliny uzavrených súčasne za podmienok varu roztoku (lokalita Šobov, škála zodpovedá 0,1 mm), d—f Fázové zmeny pri zahrievaní (obe inklúzie sa homogenizovali pri teplote 270 °C), g, i — Fázové zmeny pri zmrazovaní: g — zmraznutý obsah uzavreniny pri -37,9 °C (plynná libela bola rozštiepená rastúcim kryštálom ľadu), h — Zreteľné tavenie ľadu (tenký lem kvapalnej fázy je označený šípkou), i — Situácia pred úplným roztavením ľadu (stanovené údaje svedčia o zachytení dvoch namiešateľných fluid s hustotami 0,768, resp. 0,028 g.cm⁻³ pri teplote 270 °C a tlaku 55 barov), j, k — Fázové zmeny v plynnej inklúzii pri zmrazovaní (tuhý kyslíčnik uhlíčitý sublimuje pri -65,1 °C)

Fig. 3. a — High-dense inclusions of vapour-saturated solution (L — The Kamenný vrch locality, black bar scale represents 0,1 mm), b — Low-dense inclusion of liquid-saturated solution (G — The Šobov locality, black bar scale 0,1 mm), c — Co-existing vapour — and liquid-saturated solutions sealed at boiling conditions (the Šobov locality, black bar scale 0,1 mm), d — f Behaviour on heating (homogenization point both inclusions at + 270 °C), g, i — Behaviour on freezing: g — frozen inclusion at -37,9 °C (the vapour bubble was split up by growing ice crystal), h — Distinctive melting of ice (a thin rim of liquid phase indicated by arrow), i — The situation before melting point (estimated data suggest the entrapment of two immiscible fluids with densities 0,768 and 0,028 g.cm⁻³, respectively, at temperature 270 °C and pressure 55 bars), j, k — Behaviour of low-dense inclusion on freezing (solid carbon dioxide evaporates at -65,1 °C)

homogenizačné teploty uzavrenín typu L nepresahujú 300 °C, môžeme s dostatočnou vierohodnosťou predpokladať, že budú maximálne o 10 % nižšie, ako sú skutočné teploty kryštalizácie. Uzavreniny roztokov typu G sa vyznačujú vysokým stupňom kompresibility, a preto v subvulkanických podmienkach môžu existovať v širokom intervale teplôt.

Iný prípad nastáva, ak hostiteľský minerál kryštalizoval z heterogénneho roztoku,

ktorý bol v stave varu, čiže hodnoty teplôt a tlakov zodpovedali ľubovoľnému bodu na krivke dvojfázovej rovnováhy. Vtedy sa v uzavreninách zachytáva plyn a kvapalina v rôznom pomere, pričom vo výnimočnom prípade môže nastať uzavretie osobitnej plynnej fázy a fázy kvapalnej. Homogenizačné teploty takýchto inklúzií budú vždy vyššie, ako teplota kryštalizácie. Ak koexistujúce uzavreniny typu L a G majú homogenizačný bod pri



Obr. 4. Časť krivky dvojfázovej rovnováhy pre čistú vodu skonštruovanej na základe údajov J. L. Haasa (1976). Izochory pre fluidá hustotu 0,864, resp. 0,008 g. cm⁻³ boli odvodené z údajov G. C. Kennedy — W. T. Holser (1966). Krivka dvojfázovej rovnováhy rozdeľuje diagram na pole kvapalných (L) a plyných (G) roztokov. Pre plné pochopenie porovnaj s textom a obrázkom 5

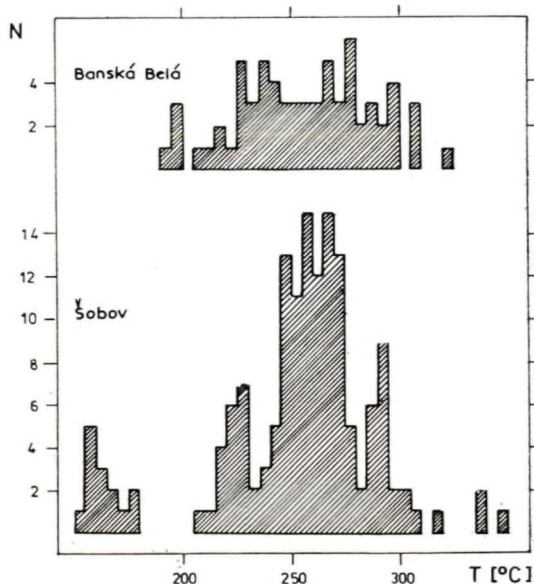
Fig. 4. A portion of the liquid-vapour curve for the pure water plotted on the basis of the data proposed by Haas (1976). The isochores for the fluids of densities 0.864 and 0.008 g. cm⁻³, respectively, were derived from the data of Kennedy — Holser (1966). The liquid-vapour curve divides the diagram into the range of vapour-saturated (L) and liquid-saturated (G) solutions. See Fig. 5. and the presented paper to grasp full understanding

rovnakej teplote, potom táto teplota zodpovedá kryštalizačnej teplote a súčasne determinuje tlak fluidného prostredia.

Z charakteristiky plynokvapalných uzavrenín v kremeňoch zo sekundárnych kvarcitov skúmaných lokalít vychodí, že kryštalizovali v dynamickom hydrotermálno-pneumatolytickom systéme, ktorý sa v určitých momentoch nachádzal v stave varu.

Homogenizačné teploty uzavrenín

Homogenizačné teploty uzavrenín z oboch lokalít sú znázornené na obr. 5. Teploty sme merali väčšinou na uzavreninách s prevládajúcou kvapalnou fázou. Inklúzie typu G spravidla neposkytujú presné hodnoty, lebo je nemožné s dodatočnou vierohodnosťou rozoznať moment evaporácie tenkého filmu kvapalnej fázy, ktorá v záverečných štádiách pred bodom homogenizácie pokrýva steny vakuoly. Z nameraných hodnôt vyplýva, že hlavná masa kremeňa na oboch lokalitách kryštalizovala pri približne rovnakej teplote so začiatkom pri 200 °C, pričom na lokalite Šobov sa prejavil aj relatívne nízko-termálny pulz doznievajúci pri teplote 150 °C. Uvedené teploty možno s dostatočnou vierohodnosťou považovať za mini-



Obr. 5. Homogenizačné teploty plynokvapalných uzavrenín. Lokalita Šobov — 153 meraní, Kamenný vrch — 63 meraní

Fig. 5. Filling temperatures of fluid inclusions. The Šobov locality — 153 measurements, the Kamenný vrch locality — 63 measurements

málne teploty kryštalizácie kremeňa, hoci pripúšťame ich ovplyvnenie procesmi rekryštalizácie pri teplotách nižších ako Th (necking-down). Procesy, ktoré detailne rozoberá napríklad E. Roedder (1972), môžu lokálne spôsobiť posunutie homogenizačných teplôt k nižším hodnotám.

Spôľahlivé údaje možno získať zahrievaním koexistujúcich uzavrenín typu L a G, ak sa homogenizujú pri rovnakej teplote. Takýto jav sme pozorovali dvakrát na lokalite Šobov, kde tieto hodnoty predstavujú 166 °C a 270 °C (obr. 3, d-f). Považujeme ich za maximálne dokázané teploty kryštalizácie kremeňa, pričom nemožno vylúčiť ani teploty vyššie, ale tie v žiadnom prípade nemohli prekročiť 300 °C.

Kryometrické údaje

Fázové zmeny pri ochladzovaní sme pozorovali v dvadsiatich uzavreninách zo siedmich vzoriek. V pätnástich uzavreninách sa hodnoty T_{f2} pohybovali medzi 0,0 až +0,6 °C, čo v rámci limitu presnosti merania poukazuje na nepatrnú koncentráciu rozpustných zložiek, blízku nule. Maximálna hodnota T_{f2} —1,6 °C je ekvivalentná salinite 2,7 hmot. % NaCl ekv. V takýchto slabو koncentrovaných roztokoch je obtiažne určiť teplotu T_{f1} , ktorá je determinovaná druhom rozpustných zložiek v roztoku. Aj pri opätovnom zmrazovaní ľad zaberie takmer celý objem vakuoly a malý objem roztoku eutektického zloženia znemožňuje optický rozlíšiť moment jeho roztavenia (obr. 3, g-i).

V dvoch uzavreninách s relatívne vyššou koncentráciou roztoku z lokality Šobov sa teplota T_{f1} stanovila s dostatočnou presnosťou. Hodnoty —19,9 °C sa približujú k teoretickej hodnote pre systém NaCl—H₂O, t. j. —20,8 °C (Potter et al.,

1977), prípadne —21,1 °C (Borisenko, 1974). Dovoľuje to predpokladať, že v uzavreninách sú prítomné roztoky s prevahou chloridu sodného.

V troch uzavreninách s prevahou plynnej fázy (typ G) z oboch lokalít bolo možné pozorovať pri hlbokom podchladení kryštalizáciu tuhého kyslíčnika uhličitého (obr. 3, j-k), ktorý pri pomalom zahrievaní sublimoval pri teplotách —84,3, —67,1 a —65,1 °C. Tieto hodnoty zodpovedajú hustote 0,00167 g.cm⁻³ až 0,00773 g.cm⁻³ a teda kyslíčnik uhličitý nemohol výraznejšie ovplyvniť celkovú tlakovú bilanciu fluidného systému.

Analýzy výluhov

Molárne pomery Na⁺, K⁺, Ca²⁺ a Mg²⁺ vo výluhoch z kremeňa sú uvedené v tab. 1. Vzhľadom na nízku koncentráciu sme

Molárne pomery prvkov Na, K, Ca a Mg
Molar ratios of Na, K, Ca and Mg

Tab. 1

č. vz.	lokalita	K/Na		Ca + Mg/Na		Ca + Mg/K	
01	Šobov	0.281	0.218	0.777			
02	Šobov	0.260	0.121	0.465			
03	Šobov	0.158	0.002	0.010			
04	Šobov	0.166	0.001	0.008			
05	Šobov	0.342	0.045	0.130			
06	Šobov	0.308	0.009	0.032			
17	Kamenný vrch	2.204	0.275	0.125			
18	Kamenný vrch	0.625	0.015	0.024			

odparks pre semikvantitatívnu spektrálnu analýzu pripravili zo zmesi všetkých výluhov z jednotlivých lokalít (tab. 2).

Výsledky oboch analytických metód poukazujú na rozdielnú chemickú povahu roztokov na oboch skúmaných lokalitách.

V sekundárnych kvarcitoch na lokalite Šobov cirkulovali roztoky s prevahou Na^+ , zatiaľ čo na Kamennom vrchu roztoky s prevahou K^+ . Na tejto lokalite je pozoruhodný vysoký obsah Zn^{2+} v rozpustnej forme, zrejme ako súčasť hydrotermálneho fluida.

*Semikvantitatívne spektrálne analýzy
výluhov*

*Semiquantitative spectral analyses of dry
leach residues*

Tab. 2

	Kamenný vrch	Šo- bov		Kamenný vrch	Šo- bov
Si	xxxx	xxxx	Ni	xxx	xx
Al	xxxxx	xxx	Cr	xx	xx
K	xxx	0	Sr	xx	xx
Na	xxx	xxx	Ba	xxx	xxx
Ca	xxxx	xxxxx	Ti	xx	xx
Mg	xxx	xxx	B	xx	xx
Fe	xxxxx	xxx	Cu	xx	xxx
Mn	xxx	xx	Zn	xxxxx	0
Co	xx	x	Ag	x	0

xxxxx — 100 — 1 $\frac{0}{0}$, xxxx — 1 — 0.1 $\frac{0}{0}$,
xxx — 0.1 — 0.01 $\frac{0}{0}$, xx — 0.01 — 0.001 $\frac{0}{0}$,
x — stopy (traces), 0 — neidentifikovaný
(undetected)

Záver

Znalosť charakteru plynokvapalných uzavrenín produktov hydrotermálnoalteračných procesov pomáha nielen dešifrovať fyzikálno-chemickú povahu fluida deštruktívne pôsobiaceho na okolie, ale aj determinovať jednotlivé hydrotermálne systémy vzhľadom k ich novej potenciálnej rudonosičnosti (Roedder, 1963).

Známy je celý rad ložísk geologickou stavbou príbuzných ložisku Banská Štiavnica (Nash, 1975; Sillitoe, 1977), z ktorých fluidné uzavreniny silicifikovaných hornín (charakteru sekundárnych kvarcitov) majú podobné zloženie ako uzavreniny

polymetalických rudných žíl z ich podložia.

Kremene zo sekundárnych kvarcitov štiavnického stratovulkánu kryštalizovali zo slabo koncentrovaných roztokov s prevahou NaCl a KCl , ktorých celková koncentrácia nepresahovala 2,7 hmot. $\frac{0}{0}$ NaCl ekv. Hlavná masa kryštalizovaného kremeňa vznikla v rozpätí 200–270 °C, pričom na lokalite Šobov pokračoval prínos roztokov až do teploty 150 °C. V určitých momentoch evolúcie hydrotermálnych roztokov termodynamické podmienky na lokalite Šobov dosahovali 166 °C a 7 barov, resp. 270 °C a 55 barov. Ak vychádzame z údajov J. L. Haasa (1971), maximálna hodnota tlaku zodpovedá 660 m stĺpca mineralizačného roztoku, čo v súlade s predpokladmi E. Roeddra — R. J. Bodnara (1980) možno považovať za minimálnu možnú hĺbku mineralizačného procesu v subvulkanických podmienkach.

Charakter uzavrenín svedčí a existencii dynamického hydrotermálno-pneumatolytického systému s premenlivými teplotnými a tlakovými charakteristikami. Rozdielna chemická povaha fluidů a homogenizačné teploty uzavrenín v kremeňoch z oboch skúmaných lokalít sú v rozpore s názormi o alochtónnej pozícii bloku sekundárnych kvarcitov na lokalite Kamenný vrch, ako aj o ich synsedimentárnom pôvode. Prevládanie uzavrenín s prevahou kvapalnej fázy, sporadická prítomnosť CO_2 a absencia H_2S v plynnej fáze nenasvedčuje ani o produktoch solfatarovej činnosti.

Výsledky štúdia fluidných uzavrenín nemožno celkom vzťahovať aj na hlavnú masu sekundárnych kvarcitov, hoci tento vzťah je dosť pravdepodobný. Súčasný izotopický výskum kyslíka kryštalizovaného kremeňa a kusových vzoriek kvarcitov ukáže, či genetické závery budú platiť aj pre hlavnú masu sekundárnych kvarcitov skúmaných lokalít.

PodĎakovanie

Za poskytnutie kryometrickej aparatúry a cenné rady pri práci sme povďační Ing. Jane Ďurišovej, CSc. a Ing. Zdene Benešovej z ÚÚG v Prahe. Analýzy výluhov ochotne urobili Ing. Vladimír Streško, CSc., Hana Komorová a Július Chudý z Geologického ústavu UK v Bratislave.

Recenzoval K. Eliáš

LITERATÚRA

- Borisenko, A. S. 1974: O vozmožnom opredeleniji karbonatov i bikarbonatov natrija v roztvorach gazovo-židkích vklúčenij v mineraloch. *Dokl. AN SSSR*, 214, 4, s. 917—920.
- Haas, J. L. Jr. 1971: The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Econ. Geol.*, 66, 6, pp. 940—946.
- Haas, J. L. Jr. 1976: Physical properties of the coexisting phases and thermochemical properties of the H₂O component in boiling NaCl solutions. *Geol. Surv. Bull.*, 1421-A, 73 pp.
- Kennedy, G. C. — Holser, W. T. 1966: Pressure-volume-temperature relations of water and carbon dioxide. *Handbook of physical constants* (S. P. Clark, Jr. ed.). *Geol. Soc. Am. Mem.* 97, pp. 371—383.
- Koděra, M. — Kováčik, J. 1968: Bazálna séria III. andezitickéj fázy v oblasti Banskej Štiavnice. *Acta geol. geogr. Univ. Comen. Geol.* 13, s. 91—116.
- Konečný, V. 1969: Príspevok k metodike tektonickej analýzy neovulkanických komplexov (so zreteľom na širšiu oblasť Banskej Štiavnice). *Mineralia slov.*, 3—4, s. 177—198.
- Konečný, V. 1971: Evolutionary stages of the Banská Štiavnica caldera and its post-volcanic structures. *Bull. Volcan. Tome XXXV-1*.
- Koržinskij, D. S. 1961: Zavisimost metamorfizma ot glubinnosti v vulkanických formacijach. In: *Gidrotermal'nyje procesy i mineraloobrazovanie v oblastach aktivnogo vulkanizma*. Moskva, Nedra.
- Nakovnik, N. I. 1968: Vtoryčnyje kvarcity SSSR i svjazannyje s nimi mestoroždenija poleznyh iskopajemyh. Moskva, Nedra, s. 334.
- Nash, J. T. 1975: Fluid inclusions study of vein, pipe and replacement deposits, north-western San Juan Mountains, Colorado. *Econ. Geol.*, 70, pp. 1448—1462.
- Pavlova, I. G. 1978: Mednoporfyrovye mestoroždenija. Moskva, Nedra, s. 275.
- Polák, S. 1960: Záverečná správa a výpočet zásob Banská Štiavnica, Šobov — kremence. *Geofond, Bratislava*.
- Polák, S. 1962: Záverečná správa a výpočet zásob Banská Belá — kremence. *Geofond, Bratislava*.
- Polák, S. 1963: Ku genéze ložiska dinasových kremencov na vrchu Šobov pri Banskej Štiavnici. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)* 29, s. 143—155.
- Potter, R. V. — Clynne, M. A. — Brown, D. L. 1977: Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Econ. Geol.*, 73, 2, pp. 284—285.
- Roedder, E. 1963: Studies of fluid inclusions — II, Freezing data and their interpretation. *Econ. Geol.*, 58, pp. 167—211.
- Roedder, E. — Bodnar, R. J. 1980: Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 8, pp. 263—301.
- Sillitoe, R. H. 1977: Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: In: *Volcanic processes in ore genesis. Proc. of an Joint Meet. of the Volc. studies Group of the Geol. Soc. of London and the Inst. of Metall. held on London*, pp. 99—116.
- Štohl, J. 1976: Zrudnenia stredoslovenských neovulkanitov spojené s centrálnokarpatským lineamentom. *Záp. Karpaty, ser. min., petr., geoch., ložiská* 2, s. 7—40.
- Vlasov, G. M. — Borisov, O. G. 1970: Vzajimootnošenija vtoryčnych kvarcitov s rudami. In: *Problemy metasomatizma*. Moskva, Nedra, s. 99—102.

Fluid inclusions in secondary quartzites of Banská Štiavnica stratovolcano

VILIAM ORUŽINSKÝ — VRATISLAV HURAI

Fluid inclusion investigations on the so called secondary quartzites from the Šobov

and Kamenný vrch localities in the Middle Slovakian neovolcanites have found diluted

solutions with negligible amounts of carbon dioxide to circulate within the fractures and cavities. According to observed phase transitions on freezing, one may presume the chloride solutions with up to 2.6 weight per cent NaCl eq., but most frequently nearly zero, i. e. ground-water must have caused the alteration processes. Regarding the features of fluid inclusions trapped, the mineralization environment must have been subjected to boiling conditions. Fluid inclusions forming in such conditions may trap both immiscible fluids, i. e. water and steam in random ratios and thus homogenization temperatures have to be scattered within the wide range and they usually exceed the temperature of entrapment. In spite of this both water and steam were rarely found to be sealed contemporaneously in a pair of inclusions, which homogenize into the liquid or vapour at the same temperature. Such inclusions permit us to determine either temperature or pressure with high accuracy using the data of Haas (1976). The maximal estimated conditions 270 °C and 55 bars suggest the alteration process to have taken place 660 m beneath

the surface, if the further data of Haas (1971) were applied. At the Šobov locality, the alteration process has continued down to 166 °C at least. The distinctive differences in homogenization temperatures of fluid inclusions between both localities under consideration exclude the concept about allochthonous position of Kamenný vrch locality, which was assumed to be moved out from Šobov by the andesitic lava-flow. This is supported also by chemical analyses of leachates, which have pointed out the sodium-dominated hydrothermal system to both the Šobov locality, whereas at the Kamenný vrch locality the potassium-dominated hydrothermal system containing surprisingly high amounts of Zn-salts (believed to be chloride) have been found to have developed. Owing to the estimated thermodynamic conditions as well as the composition of fluid trapped, the concept claiming the synsedimentary origin and also the action of low-to-medium thermal solphatares should be rejected.

Preložila Hana Budajová

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

Stanislav Rapant: Výsledky hydrogeochemického vyhľadávania rúd v Nízkyh Tatrách (Bratislava 16. 5. 1985)

Pre oblasť tatrického kryštalinika Nízkyh Tatier. boli vytypované ako hydrogeochemické vyhľadávacie príznaky As, Sb, W, Mo, Zn a koeficient SO_4/M . Najkontrastnejšie anomálie v prírodnej vode vykazoval As (fónový obsah 0,03 mg.l⁻¹, anomálny obsah 0,08 mg.l⁻¹), ktorý vytváral anomálie konformné s anomáliami scheelitovo-zlatonosného zrudnenia, zistenými metódou šlichovej a pôdnej prospekcie. Ako priame vyhľadávacie príznaky uvedeného typu zrudnenia sa

uplatnili W a Mo, ktoré boli kvantitatívne analyticky zriedkavo stanovované vzhľadom na veľmi nízky obsah v prírodnej vode. Fónový obsah W a Mo je pod medzou dôkazu schopnosti (0,01 mg.l⁻¹) a kvantitatívne stanovenie predstavuje už anomálne hodnoty. Pomerne bežným stopovým prvkom v prírodnej vode kryštalinika Nízkyh Tatier je antimón (fónový obsah 0,02 mg.l⁻¹, anomálny obsah 0,04 mg.l⁻¹), ktorý vytváral veľmi kontrastné anomálie v severnej časti Nízkyh Tatier v oblasti známych antimonitových ložísk v okolí Magurky a Dúbravy. Výsledky dosiahnuté hydrogeochemickými prácami boli konformné s ostatnými geochemickými metódami použitými v danej oblasti.