

A BUDAI-HEGYSÉG HIDROTERMÁLIS PALEOKARSZTJA A folyadékszárvány-vizsgálatok első eredményei

Jurij V. Dubljanszkij

ÖSSZEFOGLALÁS

A Budai-hegység barlangjaiból és kőfejtőiből 7 kalcit- és 1 baritmintát vizsgáltunk folyadékszárvány-módszerrel. A kalcitok keletkezési hőmérsékletére 40–75°C, a baritokéra 30°C-nál kisebb érték adódott. Azon oldatok, melyekből a kalcitok származtak 0 és 23,5 tömegszázaléki Na, Ca, K és Mg kloridot tartalmaztak. Feltételezhető, hogy a hidrotermális paleokarsztos üregek kialakulása, majd az azt követő kitöltődése meteorikus vizek mélyszinti cirkulációjának felszálló ágával kapcsolatosak.

Az ősi hidrotermális rendszer működésének sokféle nyomát megtalálhatjuk a Budai-hegységben. Ilyenek pl. a kalcitkristályok és kalciterek előfordulásai; a baritok és fluoritok megjelenései; a travertínó-kiválások fosszilis forrászájak környékén (Jakucs 1977), valamint nagyszámú hidrotermális karsztosodással létrejött barlang (gyakran jellegzetes átalakult ásványtársulásokkal) (Takácsné-Bobner-Kraus 1989). Minthogy az előforduló ásványok közül sok folyadékszárványt is tartalmaz, néhány esetben lehetőség nyílt az ősi hidrotermális rendszer fizikai-kémiai paramétereinek meghatározására.

A Budai-hegység epigenetikus folyamatainak egyik tipikus következményeként kalcit-, ill. néhol baritkristályokkal kitöltött oldásos üregek alakultak ki, melyek kőbányákban vagy a Pál-völgyi-, Mátyás-hegyi-, Szemlő-hegyi- stb. -barlangok felületén sok helyütt megfigyelhetők. Az ilyen üregek kalcitkristályai külsőleg nagyon hasonlítanak a Budai-hegység „közönséges” kalcitjeinek tengelyében helyet foglaló kalcitokhoz. Ezek a hidrotermális kalcittal kitöltött üregek eredetükre nézve hidrotermális paleokarsztosodás eredményeinek tekinthetők. Jelen munka célja azon ősi oldatok paramétereinek vizsgálata, melyekből az oldott üregek és telérek ásványai kiváltak.

A folyadékszárványok vizsgálatának módszerét sikerrel alkalmazták már különböző hidrotermális karszterületeken, pl. a Krími-félszigeten, a Pamírban, az Altájban, Algírban és másutt (Dubljanszkij 1990). A barlangi képződményeket és kalcitereket ezzel a módszerrel Magyarországon elsőként Gatter (1984) tanulmányozta, éspedig a sümegi és a miskolc-tapolcai kőbányákból, valamint a Pál-völgyi-barlangból származó néhány ásványmintán.

Tanulmányunkban csak a Budai-hegység hidrotermális rendszerével foglalkozunk, egyelőre nem érintve Magyarországon más hidrotermális karszterületét. Kutatásainkhoz a vizsgálati anyagot a Fenyőgyöngyei-, a Martinovics-hegyi- és az ún. Francia-kőbányákból, valamint a Bátori-, a Ferenc-hegyi-, a Szemlő-hegyi- és a Pál-völgyi-barlangokból vett ásványminták képezték. Cikkünkben e minták analízisének első eredményeiről számolunk be.

A folyadékszárvány-módszer

A folyadékszárvány-módszer elméleti alapjairól bőszes szakirodalom áll rendelkezésünkre. E témáról a „Karszt és Barlang”-ban Gatter közölt tanulmányt (1984). Részletesebb információkkal Edvin Redder (1987) értekezése szolgál, melyet a *Reviews in Mineralogy* (V.12) sorozatban (angol nyelven) publikált.

Alább röviden érintjük a kalciton és bariton történő folyadékszárvány-vizsgálatok sajátosságait, megadjuk e módszer néhány számszerű jellemzőjét és bemutatjuk eszközeit. Csak ezek ismeretében lehet helyesen megítélni a nyert adatok megbízhatóságát.

Mindkét szóbanforgó ásvány (kalcit és barit) igen jól hasad, ami megnöveli a zárvány sérülésének (hermetikus lezártága megszűnésének) valószínűségét. Emiatt magasabb homogenizációs hőmérsékletek adódhatnak a mérés során. E hibaforrás csökkentésének érdekében eltérünk a szokásos módszertől: a mikroszkópikus megfigyelésekhez nem polirozott ásványcsiszolatokat készítettünk (hiszen így az ásványok túl nagy mechanikus és termikus igénybevételnek lettek volna kitéve), hanem hasítással nyertük a szükséges kristálylemezeket. Ez alól

csak a kicsiny (2–3 mm-es) baritkristályok esetében tettünk kivételt, mert ezeket célszerűbb volt gyémántpasztján történő óvatos kézi csiszolással előkészíteni.

A termometrikus vizsgálatokat Zeiss (Jena) gyártmányú készülékkel, a cég által előírt szabványok szerint kalibrálva végeztük. A mérési pontosság $\pm 3\text{--}5^\circ\text{C}$ -ra becsülhető. Az eredmények reprodukálhatósága (ismételt mérések esetén) egyetlen egy mintánál sem volt rosszabb 1° -nál.

A zárványok hermetikusan lezártságának megóvása érdekében a melegítést rendkívül lassan ($1^\circ/\text{perc}$) végeztük, így kerülve el az esetleges káros mechanikai feszültségeket. Ezen túlmenően legalább minden ötödik kísérletnél megismételtük a méréseket az eredmények reprodukálhatóságának ellenőrzésére.

A kriometrikus analízishez a Szovjet Tudományos Akadémia Szibériai Tagozatának Geológiai és Geofizikai Intézetében kifejlesztett, elektronikus hőérzékeléssel ellátott berendezését vettük igénybe. A hőmérsékletmérés hibája $\pm 0,5^\circ\text{C}$ -on belül volt.

Mivel a vizsgált ásványok zárványainak homogenizációs hőmérséklete igen alacsony volt (szinte megegyezett a módszer alsó méréshatárával), ezért a legnagyobb mérési hibát a fázisátalakulási hőmérsékletek pontos meghatározásának bizonytalansága jelentette. E módszer alkalmazását az is erősen korlátozta, hogy nem áll rendelkezésünkre a kétkomponensű sóoldatok fázis-egyensúly diagramja, így a koncentráció meghatározásának teljes hibája kb. 5 tömegszázaléknyi.

Az ásványminták és zárványaik

Fenyőgyöngyei kőfejtő

Jele: BUD-3. A minta egy két méter vastag, 50–230^o helyzetű kalcitér központi részéből származik. Maga a telér bonyolult oszlopos csoportot alkotó tejfehér kalcitokból áll.

Szemlő-hegyi-barlang

Az SzH-3 számú minta a barlang kiépítése során egy áttörésnél feltárult kitöltésből származik. Erősen korrodálódott ikerkristályok alkotják, melyet vékony kalcitlemmezzel borított agyagból emeltünk ki. A kristály habitusát megadó formát a 2131 és a 0221 egyesülése képezi.

Az SzH-4 ásványminta feltehetőleg egy, a barlang falán mutatkozó kalcitér maradvány-kristályaként azonosítható.

Pál-völgyi-barlang

A PVB-1 számú minta egy 20 x 30 cm méretű paleokarsztos üregből való, melynek felületét befelé nyúló szkalenoéderecs lapokban végződő, oszlopos kalcitkristályok borítják. A kristályfejek 1,5–2 cm-re emelkednek ki környezetükből.

A PVB-3 minta a „Kis-kanyon” paleokarsztos üregből származik, ahol is a kalcit és a barit bonyolult képződési sorrendje figyelhető meg. Maga a minta kicsiny, 2–3 mm-es lemezes baritkristályokból áll.

A PVB-4 minta kalcit, melyet ugyanabból az üregből nyertünk, ahonnan a PVB-3-at. A kristály 0,6–1 cm méretű, szkalenoéderecsben végződő szemcsékből áll.

PVB-5 minta. Lelőhelye a „Kanyon” bejáratán húzódnó kalcitér. 3–5 cm-es kristályok, a Budai-hegység re egyáltalán nem jellemző romboéderecs (1011) habitusúak.

PVB-7 minta. Az „Y”-folyosó egy 50 x 60 cm kiterjedésű oldott üregéből vettük. Ugyaninnen származik Gatter (1984) egyik ásványmintája.

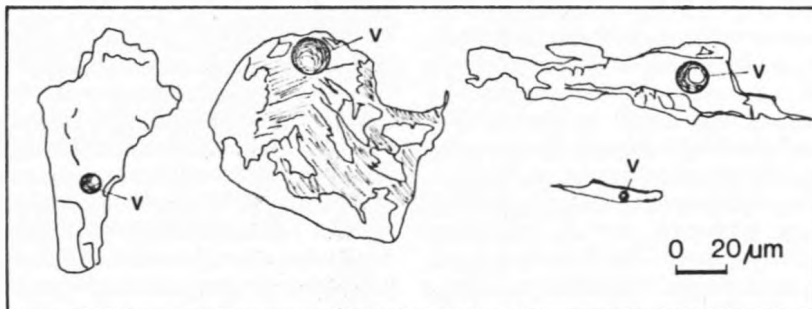
Ferenc-hegyi-barlang

A minta jele: FH-2. Vékony (2–3 mm) táblás baritkristályok képezik. A minta valamikor a barlangot befoglaló kőzet repedésének kitöltése volt, amely azonban egy sziklatömbbel együtt leomlott. Lelőhelye: a „Talpa terem” egyik omladéktömbjének oldala.

A kalcit és a barit zárványai

Valamennyi mintadarab sok zárványt tartalmaz. Zárvány-vizsgálatokhoz általában 10–20, max. 150 mikronnyi zárványok megfelelőek. Alakjuk általában szabálytalan, belső felületük gyakran egyenetlen. A zárványok rendszerint csoportosan jelennek meg, éspedig lejtős felületek mentén. A legtipikusabb zárványfajták az 1. ábra mutatja.

A baritzárványok többnyire saját egyfázisú oldatukból állnak, ami a barit alacsony képződési hőmérsékletérté tanúskodik (2. ábra). Az észlelt kétfázisú zárványok



1. ábra. A kalcit jellegzetes kétfázisú (folyadék-gáz) zárványai. V = gázbuborék

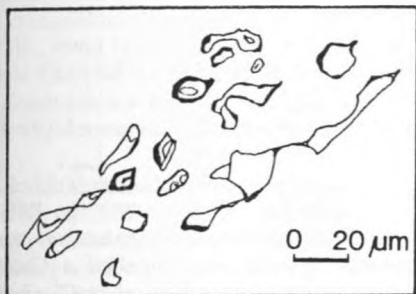
a) közül szinte valamennyit a zárvány hermetikus lezártságának hibájául kellett értelmeznünk, azaz a termometri-
 z) gátok szempontjából alkalmatlannak minősítettük ezeket. Egyedül az FH-2 mintában sikerült egy igen kicsiny (5 mikronnál kisebb) kétfázisú zárványt
 e) találnunk, amely alapján 30°C-os homogenizációs hő-
 i) mérsékletet állapítottunk meg. Mivel ez a hőmérséklet
 s) a módszer alsó méréshatárának közelébe esik, lehetséges
 n) hibahatárnak + 5°C-ot vettünk.

g) A folyadékzárvány-vizsgálatok eredményei

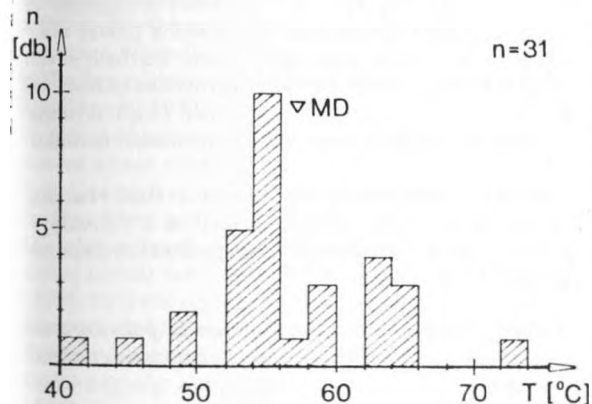
n) E fejezetben kifejtjük a Budai-hegység kalcitmintáin
 végzett folyadékzárvány-vizsgálatok eredményeit. Saj-
 b) nos a baritkristály zárványainak vizsgálata eredményte-
 c) lennek tekintendő, mert mindössze egyetlen esetben
 sikerült mérést végezni, lehetetlenné téve megbízható
 n) következtetések levonását.

u) Hőmérséklet

i) Összesen 160 hőmérséklet-meghatározást sikerült vé-
 z) gezni a kalcitkristályokon. A hőmérséklet eloszlásának
 tipikus példáját a 3. ábra mutatja (PVB-7 ásványminta



2. ábra. A barit tipikus egyfázisú zárványai



3. ábra. A homogenizációs hőmérséklet eloszlásának egy tipikus hisztogramja (a PVB-7 minta zárványai alapján). MD = az eloszlás sűrűségfüggvényének maximum-helye

1. táblázat

A Budai-hegység kalcitjaiban talált folyadékzárványok vizsgálati eredményei

Mintavételi hely	Minta száma	Mérések száma	MD °C	Eloszlás határai °C
Fenyőgyöngyei kőfejtő	BUD-3	20	53,8	43–65
Szemlő-hegyi-barlang	SZH-3	8	63,3	48–79
	SZH-4	15	51,2	42–60
Pál-völgyi-barlang	PVB-1	19	53,3	40–67
	PVB-4	18	52,1	41–63
	PVB-5	49	56,7	45–69
	PVB-7	34	56,5	41–72

2. táblázat

A homogenizációs hőmérséklet eloszlásainak összehasonlítása λ-kritérium szerint

Összehasonlított eloszlások	λ
PVB-1 – PVB-5	1,05
PVB-4 – PVB-7	1,19
PVB-4 – PVB-5	1,52
PVB-7 – BUD-3	0,83
BUD-3 – SZH-4	0,58

alapján), míg a nyert adatok összesítését az 1. táblázat nyújtja. (A táblázatban MD azt a hőmérsékletet jelöli, ahol az eloszlás sűrűségfüggvényének [hisztogramjának] maximuma van.)

A hőmérsékleteloszlás határait az $x \pm 2\delta$ kritériummal határoztuk meg (feltételezve, hogy a hőmérséklet normális eloszlású). A táblázatból látható, hogy MD minden esetben egy 6°C szélességű intervallumon belül van (51,2–56,7°C) az SZH-3 minta kivételével, ahol MD ennél nagyobb. (Ezt az eltérést mi a mérések statisztikailag kicsiny számával magyarázzuk.)

A hőmérsékletváltozás hasonló jellege alapján feltételezhetjük, hogy a kalcit kialakulása valamennyi esetben ugyanolyan folyamat eredménye. E hipotézis ellenőrzésére összehasonlítottuk a hőmérséklet-eloszlásokat Kolmogorov-Szmirnov-féle λ-kritériummal (2. táblázat). Látható, hogy a számított értékek minden esetben kisebbek a kritikus értéknél ($\lambda = 1,63$), ami a genetikus azonosság hipotézisének rendkívül jó bizonyítéka. Következésképp egyesíthetjük a nyert adatokat, megszerkesztve a homogenizációs hőmérséklet összesített hisztogramját (4. ábra).

Az oldatok koncentrációja és összetétele

A Budai-hegység kalcitjai meglehetősen bonyolultak kriometrikus vizsgálatok szempontjából, minthogy alacsony hőmérsékletű, híg oldatokból származnak. Ilyen ásványokkal való munka egy sor speciális problémát felvet (pl. a metastabilitás kérdését, vagy a „negatív nyomás” megjelenését stb.), melyek csökkentik a kapott eredmények megbízhatóságát. Mivel ásványmintáknaként mindössze 1–4 mérést sikerült végezni, eredményeinket csak első közelítésként szabad értelmezni. Számszerű adatokat elsősorban a Pál-völgyi-barlangból származó minták alapján kaptunk. A Szemlő-hegyi-barlang kalcitjában egyetlen esetben tudtuk felismerni a NaCl-H₂O rendszert (de koncentrációmérés nélkül).

A kriometrikus analízis eredményeit az 5. ábrán foglaltuk össze. A vizsgált zárványok alapvető jellemzője a víz-só rendszerek sokfélesége és koncentrációjuk éles különbségei. E zárványvizsgálatok alapján a szóbanforgó ásványvizek csaknem teljes spektrumot képeznek kezdve a (szinte) édesvizektől a telített oldatokig. Nyilvánvaló, hogy ez irányban minél bővebb információgyűjtésre van szükség.

A Budai-hegység hidrotermális rendszere és a hidrotermális paleokarszt

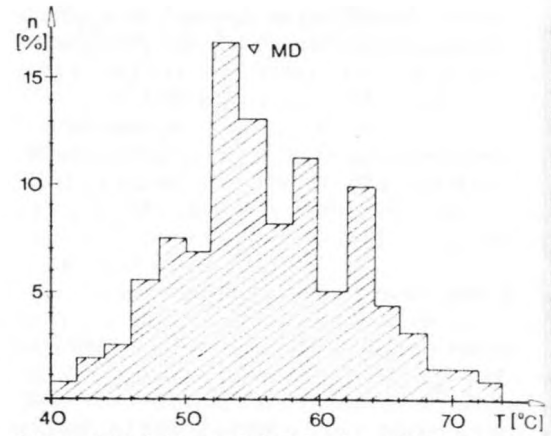
A Budai-hegység hidrotermális rendszerének fejlődésére vonatkozó vizsgálatok

A Budai-hegység hidrotermális rendszerének kialakulására Schafarzík (1928) egy többlépcsős fejlődési modellt javasolt. Később Kovács és Müller (1980) e rendszer fejlődésének két stádiumát adta meg.

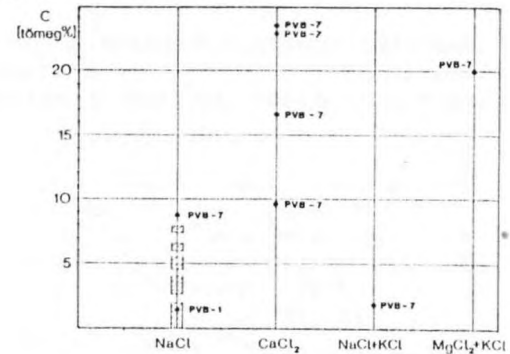
Az első szakasz (Kovács és Müller szerint) a miocén vulkanizmushoz kötődő, a Kiscelli agyag 500–1000 m vastag rétegei alatt elhelyezkedő karbonátos kőzetekben zajlott nagyméretű, zárt konvekciós cellákban. E cellákban áramló termálvizek átalakították a triász dolomitokat és mészköveket, a felső-eocén márgákat, valamint az alsó-oligocén agyagokat. A repedésekben és az oldott üregekben több kalcit- és két baritgeneráció vált ki, valamint fluorit és metacinnabarit jelent meg (Schafarzík 1928, Nagy-Pelikán 1976).

A hidrotermális oldatok hőmérséklete ebben a fázisban Müller (1989) szerint 100 °C-nál magasabb lehetett, Gatter (1984) folyadékzárvány vizsgálatai pedig erre a hőmérsékletre 135–200 °C-ot nyújtottak.

A második fázis a Pannon-medence litoszféralemezének elvékonyodásával együttjáró hőáram-sűrűség növekménnyel kapcsolatos (alsó- és középső-pleiocén), amikor is nagyméretű nyitott konvekciós cellák léptek működésbe. Ezt a modellt már Vendel és Kisházy (1964) is javasolta, melyet Liebe és Lorberer továbbfejlesztett (1978). A leszálló hideg vizek a magas geotermikus gradiens miatt felmelegedtek, majd metamorf eredetű széndioxidban feldúsultak, és a konvekciós cella felszálló ága mentén a nagy agresszivitásúvá vált vizek a befoglaló kőzeteket korrodálták.



4. ábra. A Budai-hegység kalcitjaiban talált folyadékzárványok homogenizációs hőmérsékletének egyesített histogramja (160 mérés alapján). MD = az eloszlás sűrűségfüggvényeinek maximum-helye



5. ábra. A folyadékzárványok vizsgálatainak eredményei. Pontokkal a saját, négyzetekkel a Gatter-féle (1984) mérési adatokat tüntettük fel NaCl ekvivalensértékben.

A termálvizek oldóképessége jelentősen megnőtt a leszálló hideg vizekkel való keveredés zónájában. A Budai-hegység barlangjainak horizontális járatai első sorban a lehűlés és keveredés okozta korrózió révén jöttek létre. Sok termálvízű forrás környékén a külszínen travertinó alakult ki (Vítális, Nagy-Pakó 1985). A hidrotermális tevékenység ezen fázisa napjainkban is működik.

Kovács és Müller (1980) szerint a Bátor-barlang tisztán az első, míg a Szemlő-hegyi- és a Pál-völgyi-barlangok az első és második fázis együttes következményeként jöttek létre.

A Budai-hegység hidrotermális eredetű paleokarsztos üregeiben és teléireiben megjelent kalcit kialakulásának feltételei

Amint azt fentebb ismertettük, vizsgálataink szerint a hidrotermális oldatok hőmérséklete jelentősen alacsonyabb, mint azt korábban feltételezték. Valamennyi

olyan zárvány, amely alapján magasabb hőmérsékletre lehetett volna következtetni, az ellenőrzés során sérültnek bizonyult (nem volt hermetikusan lezárva), tehát e zárványok hőmérsékletmérésre alkalmatlanok.

A Szemlő-hegyi- és Pál-völgyi-barlangok hidrotermális paleokarsztos üregeinek kalcitjai, valamint a Fenyőgyöngyei kőbánya kalcitelléréinek kristályai igen szűk (40–75 °C) hőmérsékleti intervallumon belül jöttek létre. Minthogy a statisztikai elemzés nem mutatott ki különbséget a hőmérsékletek között, megalapozottnak tűnik az a feltételezés, hogy mind a telér-kalcit, mind a paleokarsztos üregek kalcitja ugyanolyan kiválási folyamat eredménye. Az alacsony kialakulási hőmérséklet és az oldat összetételének rendkívül nagy változatossága (Na, Ca, Mg és K kloridok esetében) nem engedi, hogy kapcsolatot találjunk a kalcitképződés és az első hidrotermális fázis között. Véleményünk szerint ezek a kiválások a második hidrotermális szakaszhoz kapcsolhatók, azaz e kalcitok a nagyméretű, nyitott konvekciós cellákban áramló vizekből származnak.

A Budai-hegység hidrotermális rendszere a kalcitos ásványkiválás időszakában az alábbiakkal volt jellemezhető:

1. A rendszer hőmérsékleti mezeje teljesen egyenletes volt és megfelelt a regionális geotermikus gradiensnek.

2. A meteorikus vizek konvekciós mozgást végeztek. A leszálló, majd felszálló ágak mentén áramló vizek a befoglaló kőzetekből kalciumot és magnéziumot oldottak ki, keveredtek a fosszilis kőzetvizekkel-oldatokkal (K, Cl), végül metamorf eredetű széndioxiddal feldúsultak.

3. A kalcit kiválása kapcsolatos a geokémiai feltételek eléggé éles változásával (geokémiai töréspont). A legjelentősebb ilyen töréspont ott lehetett, ahol a vízben oldott széndioxid gázfázisúvá vált. Ez a kritikus pont hidrosztatikus nyomás alatt álló rendszerben a karsztvíztükör szintje alatt (a víz hőmérsékletétől függően) 250–500 m mélységben alakul ki. A geokémiai környezet fentebb említett ugrásszerű megváltozását Sz. Malinyin (1979) a Debay-Höckel egyenletek megoldásával elméletileg is kimutatta. Hasonló modellt írja le a Hegyi Krim hidrotermális karsztjainak sajátosságait is (J. Dubljanskij, V. Dubljanskij 1984).

4. Kalcitkiválás e kritikus szint alatt nem lehetséges, hanem éppen ellenkezőleg, alatta a kalcit feloldódik. Ennek az az oka, hogy a kalcit oldékonysága fokozódik, midőn a vizek a mélyből a földfelszín felé emelkednek. Bár első pillanatban ez paradoxonnak tűnik, mégis a fizikai-kémiai számítások ezt támasztják alá (Malinyin 1979). Ha a víz egy egyedülálló csatorna mentén áramlik, akkor ott kialakulhat egy egyedülálló korróziós üreg. Véleményünk szerint ilyen mechanizmus vezetett a Budai-hegység hidrotermális paleokarsztos üregeinek képződéséhez.

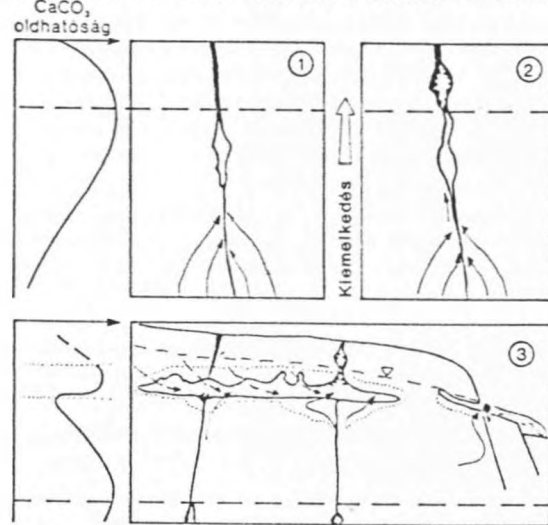
5. A Budai-hegység tektonikus kiemelkedése során e paleokarsztos üregek áthaladtak a geokémiai környezet szakadási felületén és a kalcitkiválás tartományába ke-

rültek. A vízvezető járat átmérőjének növekedési ütemében az áramlás sebessége csökkent, és a korróziós üregekben létrejöttek a jól fejlett kalcitkristályok kialakulásának hidrodinamikai feltételei.

6. Az általunk bemutatott modell a hidrotermális folyamatoknak nemcsak az időbeli sorrendjét tükrözi: oldódás (üregképződés) – kiválások (kalcitok kikristályosodása), hanem számot ad a vertikális tagozódásról is. Összességében a hidrotermális paleokarsztos folyamatokat (üregképződés és ásványkitöltődés) véleményünk szerint a Budai-hegység hidrotermális rendszere második szakaszának korai időszakára célszerű datálni.

7. Későbbi időszakokban (és nagyobb magasságokban) a már korábban létrejött hidrotermális karsztos üregeket és kalcitereket egy, az addiginál jelentősen nagyobb volumenű karsztosodás átmetszette, nagy valószínűséggel a keveredésből és lehülésből adódó korrózió révén (amint ezt már korábban feltételezték a labirintusos barlangokkal kapcsolatban; Kovács és Müller 1980, Takácsné-Bolner és Kraus 1989). Másik jelentős karsztosodási tényező a felszínhez közeli zónákban (pl. Bátor-barlang esetében) a magas geotermikus gradiens miatti konvekciós folyadékáramlás.

A fentebb kifejtett modellt sematikusán a 6. ábra szemlélteti. Ez nincs ellentétben Kovács és Müller



6. ábra. A Budai-hegység második hidrotermális aktivizálódásának barlang- és ásványképződési sémái. 1–2.: Hidrotermális paleokarsztos üregek és kitöltődésük a terület tektonikus kiemelkedésének időszakában; 3.: Tágas labirintusos barlangok kialakulása keveredés és lehülés okozta korrózióval.

Jelmagyarázat: 1 = karsztosodó kőzet; 2 = termálvizek; 3 = alacsony hőmérsékletű karsztvizek; 4 = oldásos üregek; 5 = kalcitkristályok és kalciteretek; 6 = travertínó; 7 = a CaCO_3 oldódási-kiválási határfelülete; 8 = a keveredési korrózió tartományának határa.

modelljével, hanem csak kiegészíti azt néhány új elemmel. A 6. ábrán az 1. és 2. részlet a hidrotermális paleokarsztos üregek és kalcitkitöltések képződését mutatja be, míg a 3. részlet a keveredési korrózióval létrejött, tágas, labirintusos barlangok kialakulását ilusztrálja.

A baritképződést szintén a második hidrotermális fázis időszakára kell tennünk. Ennek bizonyítékai a következőkben foglalhatók össze:

- a paleokarsztos üregekben a barit a kalcittal asszociációkat képez;
- a barit igen alacsony (30°-nál nem magasabb) hőmérsékleten keletkezett.

Vitális és Nagy-Pako (1985) adatai szerint a második fázis termálvizei szállíthattak báriumot, mert a Budai-hegység travertinói 300 ppm báriumot tartalmaznak.

Összegzés

A Budai-hegység hidrotermális ásványképződési folyamatainak kutatásában a folyadékzárvány-vizsgálatok csupán az első lépéseknél járnak. Vitathatatlan, hogy a további munkák igen érdekes adatokat fognak szolgáltatni a hidrotermális karsztosodással kapcsolatos ásványkiválások feltételeiről és az ősi hidrotermális oldatok paramétereinek időbeli és térbeli változásairól. Érdemes lenne továbbá a vizsgált területet kiszélesíteni és folyadékzárvány-vizsgálattal feltárni az ásványképződési feltételeket Magyarország más hidrotermális karsztelőfordulásain is.

Fordította: Dr. Szunyogh Gábor

J.V. Dubljanskij
az Orosz Tudományos Akadémia
Ásvány- és Kőzettani Intézete
630090 Novoszibirszk
Univerzityetszkij pr.3.

IRODALOM

- ALFÖLDI L. – DEÁK P. – LIEBE P. – LORBERER Á. (1979): Relationships between the cold and warm karstic waters in the Central Range with special regards to mine drainage requirements (in Hung.). — *VITUKI Közlemények*, pp. 300–317.
- BORISENKO, A. S. (1977): Study of salt composition of fluid inclusions in the minerals by cryometry method (in Russian) — *Geology and Geophysics*, pp. 35–44.
- BORISENKO, A. S. (1982): Analysis of composition of vapour-liquid inclusions in minerals by cryometry method (in Russian)
- DUBLYANSKI, J. V. (1988): Usage of transistor thermometer in cryometry and problems of calibration (in Russian) — *Alma-Ata*
- GATTER I. (1984): A karbonátos kőzetek ércitöltéseinek és a barlangok hévizes kiválásainak folyadékzárvány vizsgálata. (Investigation of embedded fluids in vein fillings and in crusts precipitated from thermal waters on the walls of caves in carbonate rocks.) In Hung., with Russian and English abstracts — *Karszt és Barlang*, I. pp. 9–18.
- KIRGINTSEV, A. N. et al. (1972): Solubility of non-organic matter in water (in Russian) — *Himik*, p. 243.
- KOVÁCS J. – MÜLLER P. (1980): A Budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. (Origin and traces of hydrothermal activities in the Buda Range.) In Hung., with English summary — *Karszt és Barlang*, II. pp. 93–98.
- LIEBE P. – LORBERER Á. (1978): A karsztos hévızirtólók áramlási és hőmérsékleti viszonyainak vizsgálata. (A study of the flow and temperature condition in the karstic thermal water reservoirs.) — *Int. Symp. on Karst Hydrology*, pp. 79–110.

- MÜLLER P. (1971): A metamorf eredetű széndioxid karsztokorróziós hatása (Influence of CO₂ of metamorphic origin on karst corrosion.) In Hung. with German, Russian summary. — *Karszt és Barlang*, II. pp. 53–55.
- MÜLLER P. (1989): Hydrothermal paleokarst of Hungary. In: *Paleokarst*. Ed.: P. Bosak. — Prague, Academia, pp. 155–163.
- NAGY B. – PELIKÁN P. (1976): Metacinnabarit és cinnabarit a csillaghegyi Rókahegyen. (Metacinnabar and cinnabar occurring at the Csillaghegy area.) — *MÁFI Évi Jelentés 1973-ról*, pp. 51–55.
- REDDER, E. (1987): Fluid inclusions in minerals (in Russian) — *Moscow*, I. 558 p, II. 632 p.
- SCHAFARZIK F. (1928): Visszapillantás a budai hévforrások fejlődésének netére. (Looking back to the development of hot springs of Buda Range in Hung. — *Hidrologiai Közöny*, pp. 9–14.
- VENDEL M. – KISHÁZI P. (1964): Összefüggések a melegforrások karsztvizek között a Dunántúli Középhegységben. (Relationships karstic water and hot springs in the Transdanubian Range.) In Hung. — *MTA Műszaki-Tudományos Osztály Közleményei*
- VITÁLIS GY. – NAGY-PAKÓ J. (1985): Contribution to the genesis freshwater limes tones in the vicinity of Budapest — *Acta Geographica Szeged*, pp. 97–107.

PALEOHYDROTHERMAL KARST OF THE BUDA HILLS

The preliminary results of study by fluid inclusion methods

The purpose of the studies was to establish some of the parameters of the ancient hydrothermal system that discharged through the caves of the Buda Hills. The fluid inclusions were analysed in seven samples of calcite from paleohydrothermal dissolutional cavities and veins in Pál-völgy Cave and Szemlő-hegy Cave and one sample of barite from Ferenc-hegy Cave.

Formation temperatures calculated for the fluids ranged from 40 to 75 °C, with the maximum of frequency between 51 and 57 °C. Rare vapour-liquid inclusions of the barite gave estimates of 30 °C. Statistical analysis (Kolmogorov-Smirnov tests) suggest that all of the fluids derived from the same, comparatively low-temperature thermal water source.

Analysis of the dominant dissolved species in the inclusion by the cryometry revealed surprising diversity — NaCl-only, two samples at 1.2% and 8.8% concentration respectively, CaCl₂-only — two at 23.5%, and two of 9.5% and 16.8% respectively, NaCl+KCl one at 1.8%, MgCl₂+KCl, one sample of 20.0%.

These results suggest the following hypothesis. The temperature field of the Buda Hills hydrothermal system was created by the regional geothermal flux because was so uniform. Deeply circulating meteoric water dissolved Ca, Mg and other elements from carbonate host rocks, received Cl from sedimentary pore water and CO₂ from thermal metamorphism of the deeper limestones and dolomites. Below a regional, pressure determined limit for degassing of CO₂ at about 250–500 metres beneath the surface, dissolution created small cavities (vugs) that became filled or partly filled with calcite crystals when they passed above that limit as consequence of erosion or uplift. The major Buda caves were created during a later, more powerful dissolution phase caused by mixing and cooling corrosion, and intercepted many of the paleohydrothermal karst vugs.