

Dr. Gatter István

A KARBONÁTOS KÖZETEK ÉRKITÖLTÉSEINEK ÉS A BARLANGOK HÉVIZES KIVÁLÁSAINAK FOLYADÉKZÁRVÁNY-VIZSGÁLATA

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a karsztosodó kőzetek repedéskitöltő kalcitanyagának, valamint a barlangi, hévizes eredetű kiválások folyadékzárvány vizsgálatával és genetikai értékelésével foglalkozik. A módszerrel a keletkezési körülmények (a hőmérséklet, az anyalúg összetétele-koncentrációja, a sűrűség- és nyomásviszonyok) konkrét paraméterekkel jellemezhetők. A vizsgált kalcittelérek epi-mezotermális hőmérsékletű, „mély, illetve fedett karszt” kiválások, melyek termális hatótényezője eltérő eredetű (tektonikai hatások miatti mélybe zökkenés, valamint magmás-vulkáni hatás). A fluidumok összetétel—koncentráció viszonyai is a fenti tényt támasztják alá analógiák (felhevített karsztvizek, ill. epi-mezotermális érchozó fluidumok) alapján. A barlangi hévizes kiválások zárvány-paraméterei közelítik a jelenleg működő karsztforrások hőmérséklet, oldattípus és koncentráció adatait.

A folyadékzárvány-vizsgálati módszer segítségével a különböző genetikájú földtani mintákban a folyadék (olvadék) szilárd fázis (ásvány) határfeületén bezáródott anyagok részletes fiziko-kémiai vizsgálatával megállapíthatók a folyadék-olvadék részecskéket (zárványokat) hordozó ásvány keletkezési viszonyai (hőmérséklet, nyomás, koncentráció, sűrűség stb.). A módszer hazai alkalmazásának elterjesztése — elsősorban érteleptani problémák tisztázására — az 1970-es évek végén történt (VETŐNÉ ÁKOS É. 1975, CSILLAG J. 1976, GATTER I. 1983 stb.). A karsztterületeken végzett ezirányú vizsgálatok új lehetőséget nyújtanak a terület, illetve az egyes barlangok fejlődési történetének pontosabb megismeréséhez. A módszer alkalmazásával első ízben állnak rendelkezésünkre konkrét adatok a barlangi hévizes lerakódásokat kiválóztató közeg oldattípusára és koncentrációjára vonatkozóan.

A jelen tanulmány a különböző karbonátos kőzetek kalcitkitöltéseinek, valamint a Pál-völgyi-barlang újonnan feltárt részeinek kalcittelérein és hévizes kiválásain (borsókö, „aragonit” kéreg stb.) végzett zárványvizsgálat eredményeit foglalja össze.

A vizsgált minták származási helyei és mellékközetek:

1. *Sümeg, Sintérlapi kőfejtő.* A minta mellékközete: középső kréta (apti) krinoideás mészkő.

2. *Miskolc-Tapolca, Vár-hegyi kőfejtő.* Mellékközet: középső triász (felső ladini — karni) mészkő. A minta ugyan nem barlangból származik, de a kőfejtőben 20 barlangszerű üreg, valamint kisebb üregroncs található.

3. *Budapest, Pál-völgyi-barlang.* Mellékközete: felső eocén briozaos márga és nummuliteszes mészkő.

A karbonátos és egyéb üledékes kőzetek kalcitkiválásainak folyadékzárvány-vizsgálatáról viszony-

lag kevés irodalmi adat van. ZARITSKIJ, P. V.—ORLOV, O. M. (1973) a donyeci medencében levő mélykarszt eredetű ásványkiválások hőmérsékletét közli, ROEDDER, E. (1984) egy észak-amerikai híres lelőhely (Kekokuk, Iowa) kalcitereit-geodáit a folyadékzárvány-vizsgálat révén kis hőmérsékletű kicsapódásnak ($\sim 40^\circ\text{C}$) határozza meg.

A barlangi kiválások (cseppkö, „hévforrás” termékek) folyadékzárványairól még kevesebb adat ismert. KENDALL, A. C., BROUGHTON, P. L. (1978) a cseppkövek szövetszerkezeti tulajdonsága és zárványtartalma alapján magyarázzák a kiválások növekedési sajátságait.

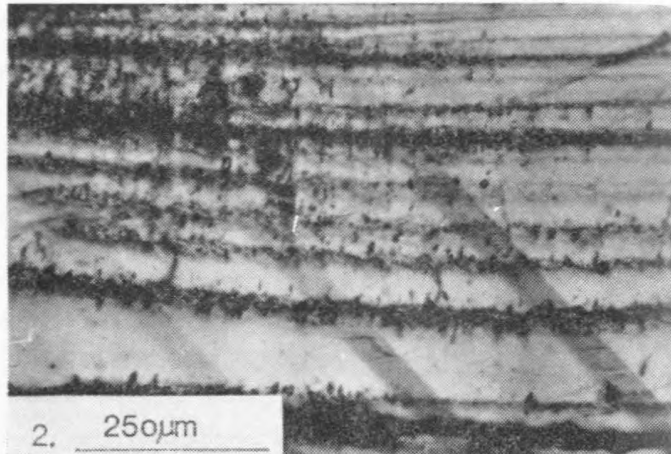
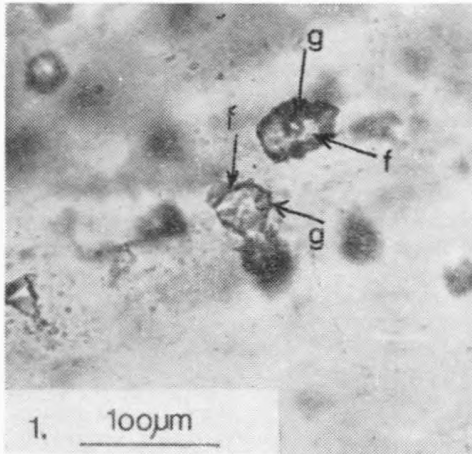
A folyadék-gáz zárvány metodika legfontosabb, egyúttal a genetikai besoroláshoz elégséges adatot szolgáltató módszere, a szokványos polarizációs mikroszkópi vizsgálat (két oldalon polírozott metszeteken vagy jól hasadó ásványok esetén beágyazó folyadékba merített hasítási idomokon), amit változtatható hőmérsékletű mikroszkópi tárgyasztalon végzett fázisátmenet-mérés, ún. „mikrotermometria” követ (GATTER I., *in press.*).

A zárványok mikroszkópi leírása

A két oldalon polírozott metszetek szokványos polarizációs mikroszkópi leírása a következőkben összegezhető:

1. Sümeg — Sintérlapi kőfejtő

A vörös színezetű, zömmel ritmikus kiválású kalcitkéregben az átlátszó részekben jól követhetően elszórt 20—80 μm -es, kerekded formájú, ún. elsődleges genetikai típusú, kétfázisú (folyadék+gáz) zárványok találhatóak (1. fénykép). Mennyiségében



1. kép — Alaktalan — izometrikus kétfázisú zárványok kalcitban. Sümeg. Vékonymetszet, IN. —
2. kép — Sávokban megjelenő folyadék-gáz zárványok kalcitban. Sümeg. Vékonymetszet, IN.

jelentősebbek a színváltozásos sávokhoz kötött nyúlt — izometrikus formájú, 5—20 μm méretű, szintén kétfázisú zárványok (2. fénykép). A durvább kristályokat repedések szelik át, ezek mentén lemez-zászlószerű, csak folyadékfázissal kitöltött, ún. másodlagos típusú zárványok láthatók.

2. Miskolc-Tapolca, Vár-hegyi kőfejtő

A fehér vagy helyenként sárgás árnyalatú, durva kristályos telérrészekben néhol elmosódott ritmikus kiválási nyomok találhatóak. Sok eltérő genetikai típusú, formájú és kitöltő közegű zárványt tartalmaz. Leggyakoribb a kissé zavaros változat átlátszatlanágát okozó, sávokban megjelenő, apró (2—10 μm), általában nyúlt vagy izometrikus zárványtípus, amelynek kitöltő közege valószínűleg egyfázisú (folyadék?). Ehhez nagyobb méretű (60—80 μm), általában nyúlt, kétfázisú (folyadék + gáz) zárványok csatlakoznak helyenként. A szemcsék magjában vagy önállóan gyakori a nagyméretű (80—500 μm) negatív kristály, vagy a közel izometrikus formájú kétfázisú zárvány (3. fénykép), ezek a fenti típusok valószínűleg az elsődleges genetikai

csoportba sorolhatók. Repedések mentén, itt is megjelennek a lemezszerű, egyfázisú másodlagos zárványok (4. fénykép).

3. Pál-völgyi-barlang, az „Y” terem kalcittelére

Üregkitöltő, szkalenoéderes, párhuzamos összenövésű tagokból álló kalcit kristálykéreg, amelynek a tetején korrodált, víztiszta továbbnövekedés és kevés kelvirágszerű bekérgezés található. A zárványok megoszlása, jellemző sajátsága erősen helyfüggő a mintában:

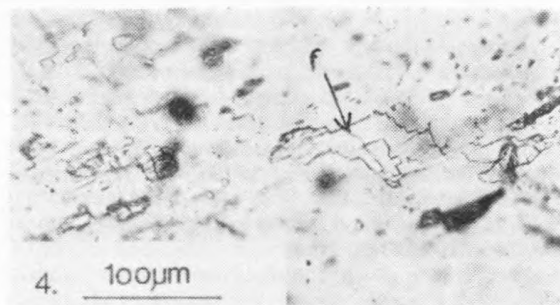
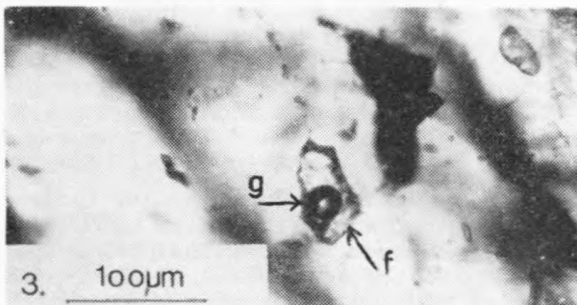
a) anyakőzetre települő, gyengén áttetsző kalcit-réteg — jól követhető zárványdús, zavaros sávokkal, amelyekben labirintusszerű, helyenként gázfázis-dús zárványok (ún. felhabzási nyomok) találhatóak az alaktalan, kétfázisú zárványok mellett;

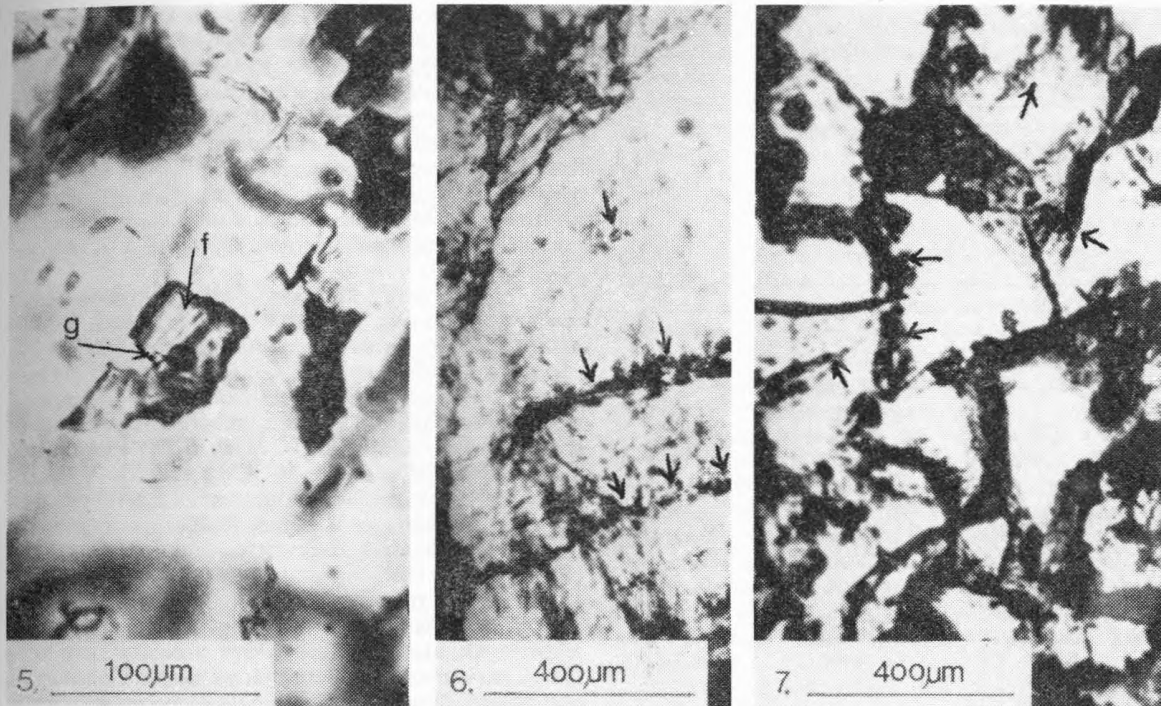
b) nyúlt egyedekből álló kristályréteg — alsó részén zárványdús, majd felfelé víztisztává válik; alaktalan vagy kissé izometrikus, síklapokkal határolt, kétfázisú zárványokat tartalmaz (5. fénykép);

c) a kristályok idiomorf tetőző végződése — néhol zárványkoszorú található benne, kevés kétfázisú zárvánnyal, felhabzási nyomokkal; a kristálylapok

3. kép — Kétfázisú, folyadék-gáz zárvány kalcitban. Miskolc-Tapolca. Vékonymetszet, IN. —

4. kép — Lemezszerű, folyadékfázissal kitöltött zárvány kalcitban. Miskolc-Tapolca, Vékonymetszet, IN.





5. kép — Kétfázisú zárvány kalcitban. Pál-völgyi-barlang, „Y” terem. Vékonymetszet, IN. —
 6. kép — Bizonytalanul követhető zárványok a kalcitkéreg növekedési felületén. Pál-völgyi-barlang,
 Prézli alatti „aragonitfülke”. Vékonymetszet, IN. — 7. kép — Kalcit szemcsehatárokon megjelenő
 zárványok. Pál-völgyi-barlang, Bekey—Hajós termeket összekötő folyosó, lemezes kalcitkiválás.
 Vékonymetszet, IN.

közeliében már csak egyfázisú (folyadék-) zárványokat tartalmaz.

Bekey—Hajós termeket összekötő folyosó fala. Idiomorf, önálló kalcit szkalenoéderek elszórt, egyfázisú folyadékszárnyókat tartalmaznak. Feltehetően az előző minta „c)” szegmensével egykorú kiválás.

„Hévforrás” kiválások. A Prézli-omladék, Gyöngyös-folyosó, a Bekey—Hajós termeket összekötő folyosó területéről gyűjtött lemezes kalcit, „aragonit” (röntgendiffrakciós vizsgálat alapján aragonit utáni kalcit pszeudomorfóza), borsókő-karfiolszerű képletek. A növekedési felülethatárokon (6. fénykép) vagy a szemcseaggregátumok felületén (7. fénykép) apró, általában fázisátmenet-mérésre alkalmatlan, egyfázisú (folyadék-) zárványok találhatók. Csak az utolsó mintafelvételi ponton gyűjtött kalcitkéreg mellékközettel érintkező részén figyelhetők meg apró, 2—5 tf% gázfázist tartalmazó zárványok.

Fázisátmenet-vizsgálatok (mikrotermometria)

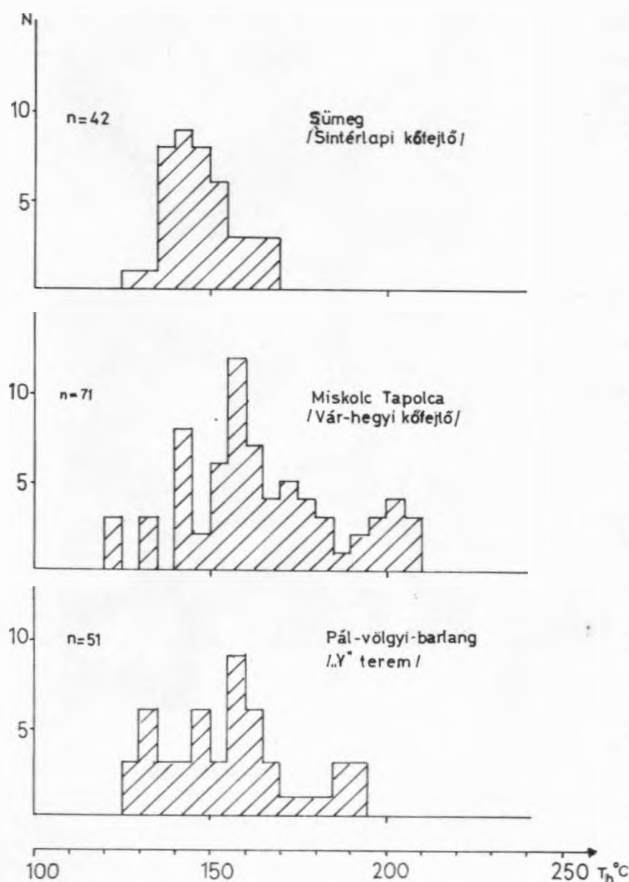
A preparátumok előzetesen szelektált 4—10 mm²-es részein az ELTE Ásványtani Tanszékén 1983—84 évek során fázisátmenet-méréseket végeztünk a

CHAIXMECA gyártmányú, változtatható hőmérsékletű mikroszkópi tárgyasztallal. A berendezés elsősorban zárványvizsgálatokra kifejlesztett eszköz, amelynek segítségével homogén eloszlású, jól kontrollálható hőmérsékletű mező hozható létre —180—+600 °C intervallumban (POTY, B. et al. 1976).

Homogenizációs mérések

A kétfázisú (folyadék + gáz) zárványok hevítéses vizsgálatával meghatározható a zárvány ún. homogenizációs hőmérséklete (T_H), ami jó közelítéssel megegyezik az ásvány minimális keletkezési hőmérsékletével, ha az illető ásvány nyílt (csak hidrosztatikus nyomással jellemzett) rendszerben vált ki. Zárt rendszer esetén (litosztatikus komponens jelenlétekor) az ún. nyomáskorrekcióval meghatározható a valódi keletkezési hőmérséklet (POTTER, R. W. II. 1977).

A kalcittelérek mért hőmérsékleti értékei az 1. ábrán láthatók. Ezek alapján az átlagos homogenizációs hőmérséklet 120—210 °C. (A diagramban nem szerepelnek az egyes bizonytalanul követhető „idős” zárványok mérési adatai a Pál-völgyi-barlang telérei- nek közvetlenül mellékközettel érintkező anyagá-



1. ábra. A homogenizációs mérési eredmények összehasonlítása

ban. Ezek T_h értékei 180—290 °C közé esnek.) Érdekes, hogy a grafikonok gyakorisági maximuma közel azonos tartományban található:

Sümeg (GATTER I. 1984a)	= 135—155 °C
Miskolc-Tapolca (GATTER I. in press.)	= 140—165 °C
Pál-völgyi-barlang (GATTER I. 1984b)	= 130—165 °C

A kisebb maximumok oka, hogy az egyes zónáisan elhelyezkedő, zárványdús sorok eltérő hőmérsékletű intervallumban záródtak be.

A sümegi adat jó közelítéssel keletkezési hőmérsékletnek tekinthető. A miskolc-tapolcai, valamint a Pál-völgyi-barlang „Y” teremben levő kalcitlérek zárt rendszerben alakultak ki a földtani tények alapján. Az első esetben a nyomáskorrekció révén szükséges hőmérsékleti kiegészítés +25—30 °C. A Pál-völgyi-barlang mintája esetén, amennyiben ez az ún. „idősebb típus” (KOVÁCS J., MÜLLER P. 1980) fedett karszt, magmás hőfluxussal — a feltetelezett 1000 m-es oligocén kiscelli agyag litosztatikai nyomás révén szükséges korrekció hasonló nagyságrendű: +30—35 °C.

A hőmérsékleti adatok alapján a kalcitkiválások epi-mezotermális hőtartományú, hidrotermális, „ércsteril” képződmények. Keletkezésükhöz a termális hatót valószínűleg eltérő tényezők szolgáltatták. A kiválások „fedett, ill. mély karszt” eredetű termékek, ahol a megemelkedett hőmérsékletet a lezökönt kéregréz geotermikus gradiens általi felmelegedése okozta. A budai-hegységi minta esetén hőforrásként felmerül a felső eocén vagy fiatalabb vulkáni-magmás ható jelenléte (KOVÁCS J., MÜLLER P. 1980).

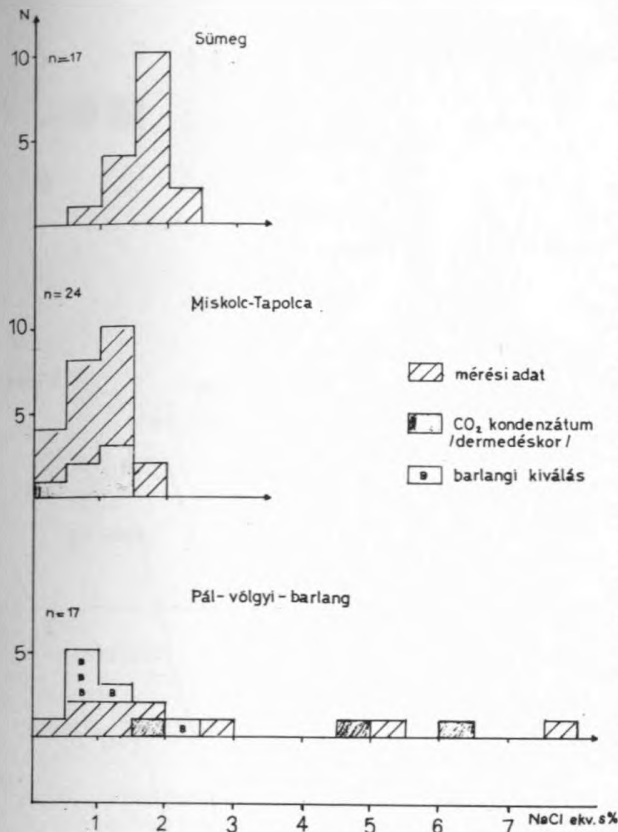
A „hévforrás” kiválások (Pál-völgyi-barlang) zömmel egyfázisú (folyadék) zárványokat tartalmaznak. Egyes lemezes kalcitminták legidősebb kiválásaiban észlelt apró, 2—3 tf% gázfázist tartalmazó zárványok ugyan alkalmatlanok a fázisátmenet mérésére, viszont az ún. „vizuális becslés” módszere alapján (ERMAKOV, N. P. 1972) ezek keletkezési hőmérséklete 70—80 °C-ra tehető. A lehetséges, legkisebb, mérhető homogenizációs hőmérséklet a gazdaásvány és a bezárt fluidum kompresszibilitási sajátosságának függvénye, ami ásványonként eltérő. Kalcit esetében ez a hőmérséklet (az oldott anyagtól és a metastabilitási jelenségektől függően) 30—40 °C. Más szóval azt jelenti, hogy fenti képződmények alapos mikroszkópi vizsgálatával kétfázisú zárványok jelenléte-hiánya alapján általában eldönthető, hogy hideg, langyos vagy termálvízből történő kicsapódással van-e dolgunk. A becslött, 70—80 °C-os értékek szolgáltatják valószínűleg a „hévforrás” kiválások maximális értékét. A jelenkori, budai-hegységi felmelegedett karsztforrások hőmérséklete 18—61 °C (SCHMIDT E. 1962).

Krioszkópos vizsgálatok

A cseppfolyós nitrogénnel történő hűtés révén a szobahőmérséklet alatti fázisátmeneti jelenségek további adatokat szolgáltatnak az oldatzárvány kémiai alkatáról, koncentráció viszonyairól. Egyazon zárványon végzett homogenizációs—krioszkópos mérési eredmények alapján a rendszer sűrűség—nyomás viszonyai is követhetők.

A fagyasztásos vizsgálatok során a megdermedt oldat olvadási jelenségei nehézkesen észlelhetők a zárványok apró mérete, totálreflexiós jelenségek, valamint a zárványok belső falának díszítettsége miatt. Ezért az értékek csak intervallumokban adhatók meg, de ezek is már jellemzik az oldat kémiai alkatát (BORISENKO, A. S. 1977). Az ún. eutektikus pontértékekből (T_1) összeállított adatsor az 1. táblázatban látható (a zárójelbe tett számok az észlelések számát jelentik).

A miskolci minta, illetve egyes Pál-völgyi-barlangi zárványok kivételével a T_1 nehezen, bizonytalanul észlelhető. A kloridos oldattípust bizonyító —20 és —40 °C között kezdődő olvadás majdnem mindegyik mintában kimutatható, jól mérhető zárványok csak a Pál-völgyi-barlang kalcitlérének idősebb generációiban voltak. A —5 és —0,5 °C között kezdődő olvadás (az alkáli bikarbonátos oldatra jellemző fázisátalakulás) mindhárom mintatípusban



2. ábra. A kriozkópos eredmények összehasonlítása Koncentráció-adatok

megtalálható, a miskolci, illetve a Pál-völgyi-barlang kalcitjában jól rögzíthető értékekkel. Ez alapján az ásvány alkáli bikarbonát—alkáli földfém kloridos típusú oldatrendszerből vált ki, ahol a két anion eltérő arányban van jelen. Kivételt képez a Pál-völgyi-

barlang idősebb kalcitkiválásába záródott fluidum, ami határozott alkáli földfém kloridos típusú. Az oldatok eltérő aniontartalma minden bizonnyal eltérő genetikát is takar.

A barlangi („hévforrás”) kiválások zömmel bikarbonátos oldatrendszerből képződtek, ez meg egyezik a jelenkori Budai-hegység területén fakadó langyos karsztvizek kémiai karakterével (SCHMIDT E. 1962).

Az utolsó jégkristály/oldatfázis egyensúlyi hőmérséklete alapján meghatározott koncentráció értékek (POTTER, R. W. II. et al. 1978) ún. NaCl ekv. s%-ban kifejezve a 2. ábrán láthatók. Jellemző az oldatok kis koncentrációja (0—3%), amitől csak a Pál-völgyi-barlang idősebb képződményeiből, kloridos oldatból mért szokatlanul magas (4,5—8%) értékek térnek el.

A barlangi kiválások értékei követik a kalcittelepekben mért „átlagos” koncentráció eloszlását.

A bikarbonátos, illetve egyes kloridos oldatok koncentráció viszonyai jól közelítenek a jelenkori, langyos karsztvizek adataihoz (SCHMIDT E. 1962). A nagy koncentrációt mutató kloridos oldatok értékei nagyobbak a karsztvíz átlagoknál. Érteletlen analógiák alapján endogén epi-mezotermás értelemek fluidum koncentrációit látszanak követni (ROEDDER, E. 1984).

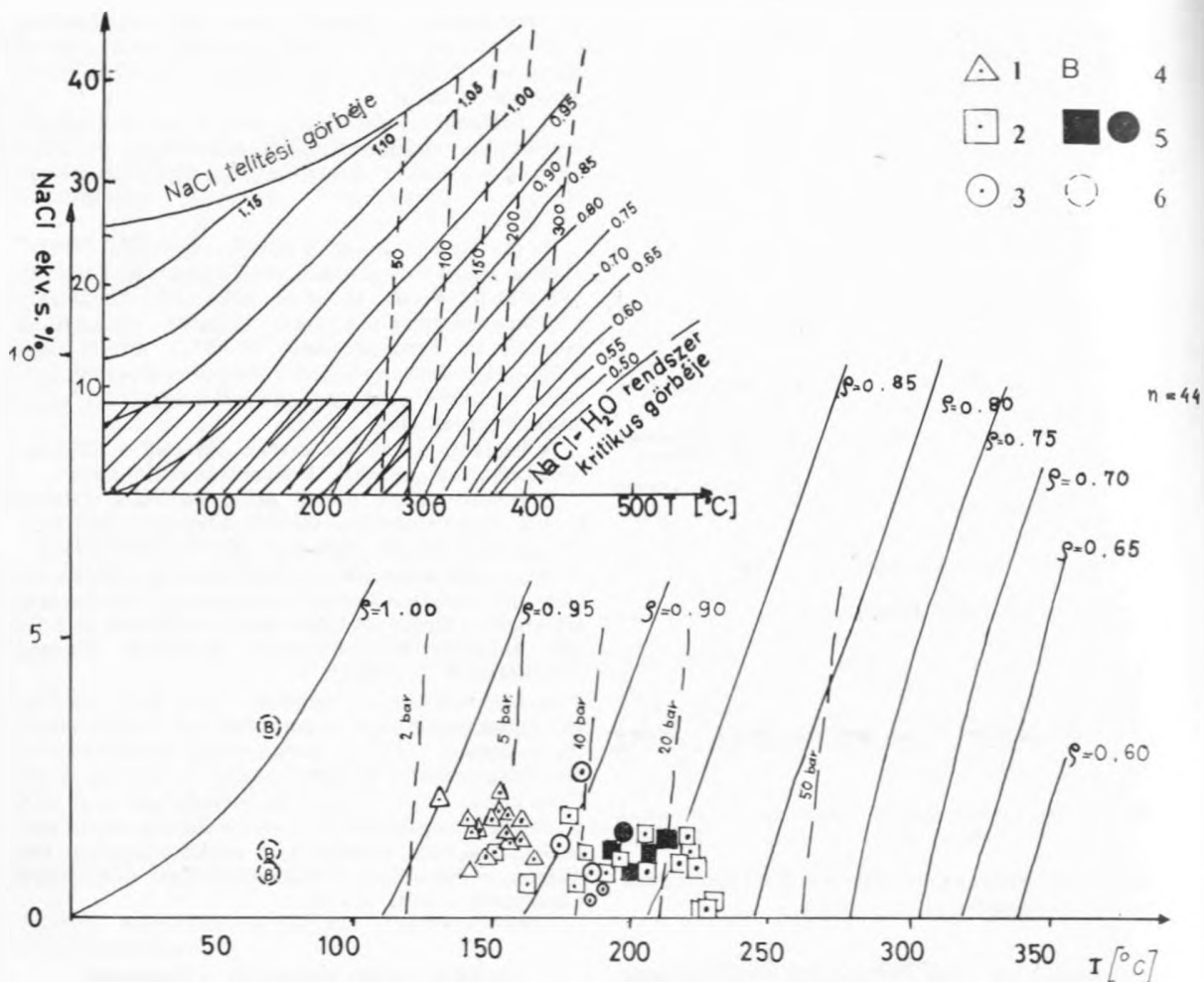
A fagyasztásos vizsgálatok során több esetben gáz-kondenzátum is kicsapódott a folyadékfázis dermedésekor, ami a hőmérséklet emelkedésével reakcióterméket képezett a jéggel. A kondenzátum CO₂, illetve CO₂.5³/₄ H₂O összetételű hidrát. A CO₂ eloszlása a mintákban változó: a sümegi minta szabad CO₂-t nem tartalmaz, a miskolc-tapolcai homogén, a Pál-völgyi minták heterogén eloszlásban hordozzák a fenti alkotót.

Sűrűség-nyomás viszonyok. A fluidumok paramétereinek térbeli és időbeli változása

A sűrűség-nyomás adatok meghatározásához használt diagram (3. ábra, in: AHMAD, S. N. et al.

1. táblázat

Minta/típus	Mérés-szám	Biztosan észlelt átalakulás (°C intervallumban)	Bizonytalanul észlelt átalakulás (°C interv.)	Az oldat kémiai jellege
Sümeg	13	—34—35 (1) —36—37 (1)	—1—3 (7) —29—41 (11)	alkáli bikarbonát és alkáli földfém klorid
Miskolc-Tapolca	25	—0,5—5 (25)	—25—30 (8)	alkáli bikarbonát és alkáli földfém klorid (alárendelten)
Pál-völgyi-barlang (kalcittelér)	12	—0,5—4 (5) —18—38 (6)	—38,5—39,5 (1)	alkáli bikarbonát és alkáli földfém klorid
(hévforrás-kiválás)	7	—1—2 (2)	—0,5—2,5 (2) —19,5—20,5 (2)	alkáli bikarbonát és alkáli földfém klorid (alárendelten)



3. ábra. A fluidumok sűrűség-nyomás viszonyai. Jelmagyarázat: 1 = Sümege, 2 = Miskolc-Tapolca (a nyomás korrekcióval kiegészítve), 3 = Pál-völgyi-barlang (a nyomás korrekcióval kiegészítve), 4 = barlangi kiválás, 5 = szabad széndioxid tartalmú zárvány, 6 = a keletkezési hőmérséklet meghatározása vizuális becsléssel

1980 stb.) ugyan a NaCl—H₂O rendszerre épül, azonban modellkísérletek alapján az egyéb kationok-anionok a ρ - ρ értékekre gyakorlott hatása, az ún. „csoport-ion effektus” alárendelt (HOLLAND, H. D. 1967), így jó közelítéssel meghatározhatók a fenti értékek. Az előfordulások adatai bár a c/T_h sík egy részén csoportosulnak, a csoporton belül is határozott megoszlás tapasztalható (3. ábra): a miskolc-tapolcai minta mutatja a legnagyobb hőmérsékletű—legkisebb sűrűségű csoportot, míg a sümeget kisebb hőmérsékletű, sűrűbb közeg jelzi. A Pál-völgyi minta átmeneti helyet foglal el.

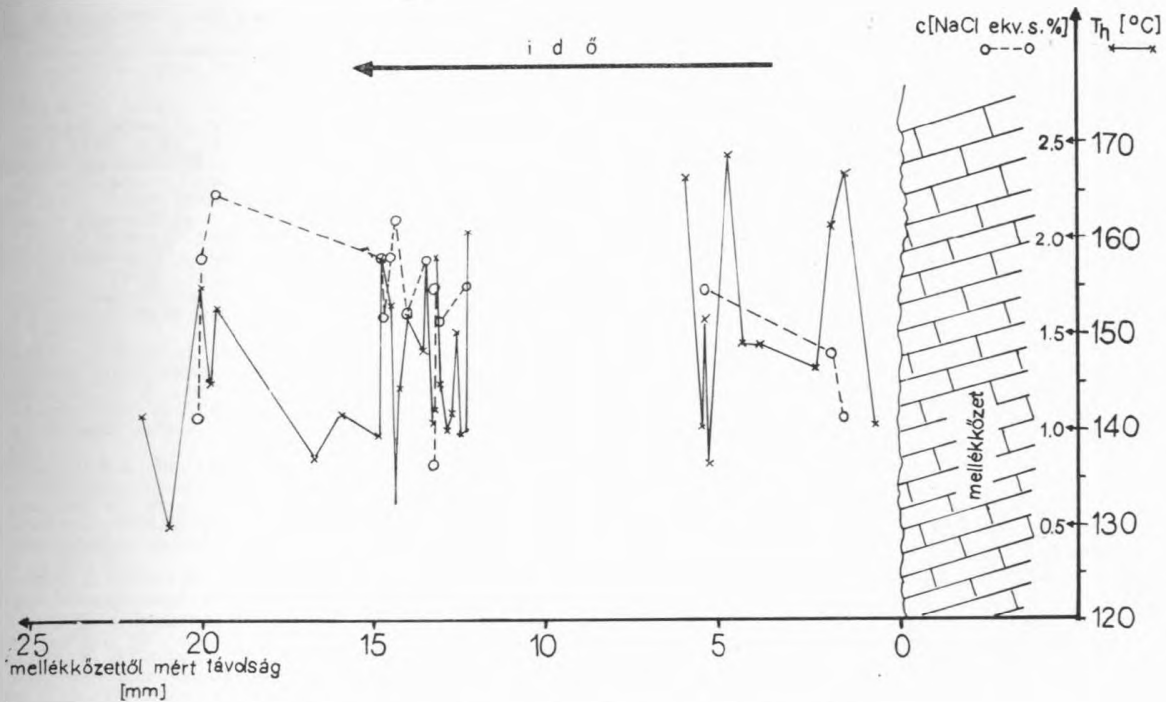
A barlangi kiválások adatai — hőmérsékleti becslés alapján — eltérnek a fenti csoporttól: az alacsony hőmérsékletű, nagy sűrűségű területen helyezkednek el (2. táblázat).

A kiválások egy része határozott sávós-zónás mikroszerkezetet mutat (Sümege) vagy a kalciterek

2. táblázat

Előfordulás	Sűrűség (g/cm ³)	Nyomás (bar)
Sümege	0,91—0,95	2—10
Miskolc-Tapolca	0,82—0,93	5—30
Pál-völgyi-barlang	0,87—0,91	10—15
Pál-völgyi „hévforrás” kiválás	0,98—1,01	2 <

határozott, de eltérő szövetű, több generációs termékek, amelyekre esetleg „hévforrás” kiválás is tapad. Így a fluidumok időbeli fejlődése — dinamiz-



4. ábra. Fizikokémiai paraméterek (T_h , c) időbeli változása a sümegi kalcittelérben

musa — is követhetővé válik. Két példát mutatunk be ennek illusztrálására:

1. Sümeg — a fluidumok hőmérsékletének, koncentrációjának változása

A zárványoknak a mellékkőzettől mért távolsága alapján a T_h , c paraméterek időbeli változása követhető (4. ábra). Láthatóan a hőmérséklet és koncentráció értékek periodikusan változó, de összességében csökkenő tendenciát mutatnak, ami a rendszer hűlésével ill. a fluidumok felhígulásával magyarázható.

A ritmusos kicsapódások lehetővé teszik izokron felület kijelölését. Ezen felületen végzett zárványvizsgálatok révén — eltérő horizont esetén — paleotermikus gradiens meghatározások is végezhetőek.

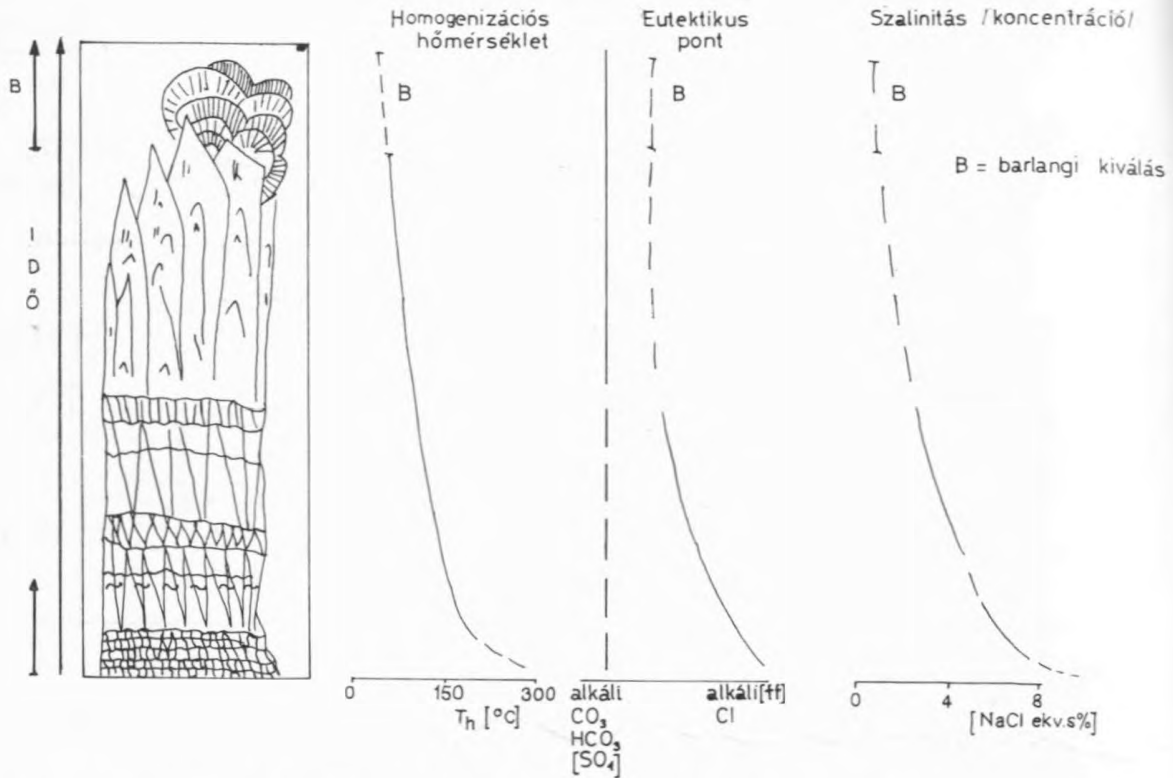
2. Pál-völgyi-barlang — a felhígulási tendencia követése a kalcittelér és a barlangi kiválások zárványadatainak összehasonlításával

Az „Y”-teremből származó kalcittelérre települt „hévforrás” kiválások zárványtartalma alapján, a fázisátmenet-mérések segítségével szemléletesen tehető a fluidum lehűlése és felhígulása (5. ábra). A kalcittelér közvetlen mellékkőzettel érintkező részén magas T_h értéket mutató, közepes-magas koncentrációjú zárványok vannak, amit a kiválás középső részén a jellemző „átlag” T_h , c értékek követnek, majd a kalcitkiválás záró szakaszában már csak zömmel egyfázisú zárványok találhatók. Az eutektikus pont mérések alapján a kalcitkiválás ko-

rai, átmeneti fázisában a kloridos típusú oldatrendszer jól követhető, majd a bikarbonátos típus veszi át szerepét a fiatalabb, illetve „hévforrás” termékekben.

A vizsgálati eredmények összegezése

A karbonátos kőzetben levő kalcittelérek folyadékzárvány-vizsgálata segítségével a fenti képződmények genetikailag csoportosíthatók. Ezek alapján az erek „epi-mezotermás” hőtartományban képződtek, a hőfluxust eltérő időben, eltérő hatók szolgáltatták. A kiválások ideje sok bizonytalanságot takar — egyedül a sümegi telérnek a szelvényben elfoglalt helyzete alapján bizonyított a felső kréta (HAAS J. szóbeli közl.) előtti kor. A miskolctapolcai kiválások feltehetően a Bükk neogén végén kezdődő kiemelkedéséhez köthetők. A Pál-völgyi-barlangi kalcittelér felső eocén korú vagy annál fiatalabb, míg a vizsgált barlangi kiválások egy részének kora felső pliocén—holocén lehet (KOVÁCS J.—MÜLLER P. 1980). A hőhatást az első két esetben a tektonikai mozgások által mélyebb kéregrézbe kerülés szolgáltatta, míg a Budai-hegységben feltehető a felső eocén és/vagy miocén vulkáni-magmás ható szerepe. Ezt több tény látszik igazolni: a kiválások hirtelen hőmérsékletcsökkenése kis hőtartalékú, lokális hatót (teleptelér feltételez, amelynek könnyenilló tartalma és az intenzív, lokális kőzetkilúgozás (lebontás) a Cl- jelentős részét szolgáltathatta, ennek



5. ábra. Az „Y”-terem kalcittelérének és a hévforráskiválások genetikai kapcsolata

révén az epi-mezotermás értelepekre jellemző koncentráció-viszonyok alakulhattak ki. A miskolctapolcai és sümegi kiválások folyadékzárvány adatai alapján alkáli bikarbonátos (kloridos), kis töménységű oldatokból csapódtak ki.

A fluidumok jó egyezést mutatnak a karsztforrások összetételével, ez alapján az anyagok „mély, illetve fedett karszt” eredetű kiválások.

A „hévforrás” termékek — bár a viszonylag kevés mérésszám révén nem tehető alaposabb összevetés — max. 70–80 °C hőfokú, híg alkáli bikarbonát (szulfát?) típusúak lehettek, amelyek a „mélykarszt” kiválásoktól elsősorban az oldat hőmérséklete alapján térhetek el. Paleohidrologiailag különös vizsgálati jelentőségük azoknak a kiválásoknak van, melyekre a barlang képződése és élete során újabb rétegek tapadnak rá. Így a vizsgálatok során a barlangképződés előtti, avval egyidős, majd a fiatalabb fluidumok időbeli fejlődése követhetővé válik. A bemutatott példa a felhígulás-lehűlés tendenciáját rögzíti.

A módszer további szisztematikus alkalmazása a következő problémák megoldásához segíthet hozzá (GATTER I., *in press*):

1. hidegvizes-termámvizes (min. 30 °C-os) eredetű kiválások egyértelmű elkülönítése;
2. a hőmérséklet időbeli változásának figyelembevételével adott kőzettestek tektonikai jelenségei-

hez adalékok szolgáltatása (a terület süllyedő-emelkedő tendenciájának nyomonkövetése);

3. a hőmérséklet térbeli változásának alapján paleotermikus gradiens meghatározások a hőáram irányának megállapításához;

4. ásványegyüttesek kiválási sorának felülvizsgálata;

5. repedéshálózatok relatív korának meghatározása;

6. réteg- és felszíni vizekkel való keveredés követése, vulkáni-magmás ható jelenlétének azonosítása;

7. a karsztvizek korrodáló hatásának követése, előrejelzése.

Dr. Gatter István
ELTE Ásványtani Tanszék
Budapest
Múzeum krt. 4/a
1088

IRODALOM

AHMAD, S. N. *et al.* (1980): Fluid inclusions in porphyry and skarn ore at Santa Rita, N. Mexico — *Econ. Geol.* v. 75., p. 229–250.

- BORISENKO, A. S. (1977): Izucsenje szolevovo szosztava rasztvorov gazovozsidküh vkljucsenej v mineralah metodom kriometrii — *Akad. Nauk. Szib. Otd. Geol. Geof. no. 8.*, p. 16—23.
- CSILLAG J. (1976): A zárványvizsgálatok és felhasználásuk az ércutatásban. In: A színesércutatás gyakorlati kérdései — *MFT Kiadv.*, p. 83—113.
- ERMAKOV, N. P. (1972): Geohimicseskije szisztemű vkljucsenej v mineralah — *Nedra.*, p. 375.
- GATTER I. (1983): Folyadék-gáz zárvány vizsgálatok a nyugat-mátrai érces területen — *Egyet. dokt. ért.*, p. 85.
- GATTER I. (1984a): A sümegi vörös kalcit (Sintérlapi kőfejtő) folyadékzárvány vizsgálata — *MFT előadás, kézirat*, p. 4.
- GATTER I. (1984b): Néhány, a Pál-völgyi-barlangból származó minta ásvány-kőzettani vizsgálata — *Kézirat. In: Jelentés a Bekey Imre Gábor barlangkutató csoport 1983. évi munkájáról*, p. 52—60.
- GATTER I. (In press): Paleokarszt fluidumok állapotjelzőinek követése gáz-folyadékzárvány vizsgálatokkal — *Kézirat*, p. 10.
- HOLLAND, H. D. (1967): Gangue minerals in hydrothermal deposits — In: H. L. Barnes: *Geochemistry of hydrothermal ore deposits* — *Holt, Rinehardt and Winston Ed. New York. Ch. 9.*
- KENDALL, A. C., BROUGHTON, P. L. (1978): Origin of fabrics in spellothems composed of columnar calcite crystals — *Jour. Sed. Petr. vol. 48. no. 2.*, p. 519—538.
- KOVÁCS J., MÜLLER P. (1980): A Budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai — *Karszt és Barlang, II.*, p. 93—98.
- POTTER, R. W. II. (1977): Pressure corrections for fluid inclusion homogenisation temperatures, based on the volumetric properties of the system NaCl—H₂O — *Jour. Res. US. Geol. Surv.*, vol. 5. no. 5., p. 603—607.
- POTTER, R. W. II. et al. (1978): Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions — *Econ. Geol.*, vol. 75. no. 2., p. 284—285.
- POTY, B. et al. (1976): Un nouvel appareil pour la mesure des temperatures sous le microscope, l'installation de microthermometrie CHAIXMECA — *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 99., p. 182—186.
- ROEDDER, E. (1984): Fluid inclusions — *P. Ribbe Ed., Min. Soc. of America*, p. 644.
- SCHMIDT E. (1962): Vázlatok és tanulmányok Magyarország vízföldtani atlaszához — *MÁFI idős. kiadv.*
- VETŐNÉ ÁKOS É. (1975): A kápolnásnyéki fluorit zárványainak termooptikai vizsgálata — *MÁFI Évi Jel.*, p. 295—298.
- ZARITSKIJ, P. V.—ORLOV, O. M. (1973): Mineral formation in karst cavities of the Donets basin — *Fluid Incl. Research*, vol. 7. (kivonat)

INVESTIGATION OF EMBEDDED FLUIDS IN VEIN FILLINGS AND IN CRUSTS PRECIPITATED FROM THERMAL WATERS ON THE WALLS OF CAVES IN CARBONATE ROCKS

Samples of the calcite veins of carbonate host rocks collected at three characteristic regions (Sümege, Miskolc-Tapolca, Pál-völgyi Cave) and those taken at an area with hydrothermal activity (Pál-völgyi Cave) were investigated. Their parameters of genesis were determined by the general examination of embedded fluids. According to the average temperature data of 135—155°C (Sümege), 165—195°C (Miskolc-Tapolca) and of 160—200°C (Pál-völgyi Cave) the calcite veins are of epimezothermal precipitations. (All the values except that of Sümege are corrected by considering the pressure.) The above mentioned "sterile" hydrothermal precipitations were developed by thermal flux, which is caused in two cases by the lowering of layers by tectonical movements, while in the third case igneous-volcanic effect can be assumed. The maximum temperature of developing hydrothermal

formations (peas-stone, "aragonite", calcite-crust) is 70—80°C. The type of the embedded fluids of alkali+alkali earth metal bicarbonate or alkali+alkali earth metal chloride. They have variable amount and distribution of CO₂ content. The concentration of the solutions is of 0—3 NaCl ekv. wt. %, but in the earliest precipitations of Pál-völgyi Cave of 4.5—8% are bearing the characteristics of endogene epi-mesothermal ore-formations on the base of analogies. The type of solution and the condition of concentration of the "thermal springs", the hydrothermal precipitations are more similar to the former category, the main difference could be found in the temperature of the solution. The cooling—diluting trend of the systems can be detected by the observation of the chronological development of the embedded fluids.

ИЗУЧЕНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ ЖИДКОСТИ ЗАПОЛНЕНИЙ ЖИЛ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И „ТЕРМАЛЬНЫХ“ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕЩЕР

Обзорным изучением жидких включений образцов жильного кальцита, собранных из трех характерных мест, из карбонатных вмещающих пород (Шымег, Мишколц-Тапольца, пещера Палвёлдь), а также образования „термального источника“ из одного места (пещера Палвёлдь) определили параметры возникновения этих образований. Жильные кальциты на основании данных средних температур 135—155 °С (Шымег), 165—195 °С (Мишколц-Тапольца) и 160—200 °С (пещера Палвёлдь) являются „эпимезотермальными“ выделениями (данные температуры — кроме образца из Шымег — скорректированы на давление). Причиной теплового потока, образующего указанные выше „стерильные“ гидротермальные выделения, в первых двух случаях предполагаются попадание в более глубокие части коры из-за тектонических движений, а в третьем случае — вулканически-марматическое влияние. Максимальная температура возникновения образований „термального источника“ (пизолит, „аргонит“, корка кальцита) 70—80 °С. Жидкости имеют тип щелочной бикарбонатный + щелочно-земельный или щелочной-щелочно-земельный хлоридный, с переменным количеством и распределением CO₂. Концентрация растворов 0—3 NaCl экв. вес %, но в самых ранних кальцитовых выделениях пещеры Палвёлдь — 4,5—8%. На основании аналогий первый тип раствора и условия концентрации характерно для подогретых карстовых вод, а последнее обычно характерно для эндогенных эпимезотермальных рудных залежей. Тип раствора и концентрации выделений „термальных источников“ близок к первому типу, главное отличие могло быть в температуре раствора. Изучением развития жидкости во времени можно выяснить тенденцию охлаждения-разбавления системы.



Részlet a Pál-völgyi-barlang Patakos-ágából (fotó: Hazslinszky Tamás)