

A DUNABOGDÁNYI CSÓDI-HEGY ZEOLITJAI

Zeolites of Csódi Hill (Dunabogdány, Visegrád Mts., Hungary)

TÓTH Erzsébet, WEISZBURG Tamás, LOVAS György és SZAKÁLL Sándor

Abstract: The Miocene dacite laccolith of Csódi Hill (Dunabogdány, Hungary) is interesting both from geological (Korpás, 1999) and petrographical-geochemical points of view (Harangi, 1999). Its zeolite assemblage occurring in hydrothermal cavities and cooling cracks has also been well known for a long time (Fig. 1, and see *e.g.* Reichert & Erdélyi, 1935). The paragenesis includes analcime, chabazite-Ca and stilbite-Ca accompanied by tubular aggregates of iron saponite and several generations of calcite (Fekete *et al.*, 1999). This paper presents a mineralogical description of the cavity filling zeolites.

Analcime occurs mostly as 1–5 mm sized crystals ($\{211\}$ combined with $\{100\}$, see Fig. 2). Crystals on the unaltered “bluish-grey” dacite are transparent (see Fig. 3 and Fig. X on the cover), while those on the weathered “yellowish-brown” rock are more or less cloudy (see Fig. IV on the cover). Chemical data and calculated formulae are given in Tables I–II (general formula is $\text{Na}_{0.9}[\text{Al}_{0.9-1.0}\text{Si}_{2.0-2.1}\text{O}_6] \cdot 0.9-1.3\text{H}_2\text{O}$). For density values see also Table II. Optical properties – $2V_D 20(2)^\circ$, $\alpha_D 1.4860(3)$, $\beta_D 1.4866(3)$, $\gamma_D 1.4868(3)$ – and TEM SAED patterns (Fig. 4) suggest that analcime is orthorhombic ($(Immm, I222 \text{ or } Imm2)$; calculated unit cell parameters are as follows: $a 13.737(3)$, $b 13.747(6)$, $c 13.705(1)$ Å (Table III).

Chabazite-Ca appears both as rhombohedra (Figs. 5–7 and Fig. I on the cover) and as “phacolite” (see Figs. 8–11 and Figs. V, VIII and XI on the cover). The crystals vary widely in colour, transparency and size. Chemical data and calculated formulae are given in Tables IV–V (average formula is $\text{Ca}_{1.1-1.5}\text{Na}_{0.3-1.3}\text{K}_{0.1-0.2}[\text{Al}_{3.3-3.6}\text{Si}_{8.5-8.7}\text{O}_{24}] \cdot 11.3-15.2\text{H}_2\text{O}$), for density values see also Table V. Optical properties of phacolite are the same as those of the rhombohedral crystals, $n_D 1.485(2)$ according to Reichert & Erdélyi (1934, 1935). The studied chabazite-Ca crystal is triclinic ($P\bar{1}$), unit cell parameters – $a 9.405(3)$, $b 9.406(2)$, $c 9.435(3)$ Å, $\alpha 94^\circ 28.2 \pm 1'$, $\beta 93^\circ 48.2 \pm 1'$, $\gamma 94^\circ 39.0 \pm 1'$ – are compared to those calculated by Passaglia (1970) in Table VI.

Stilbite-Ca occurs as tabular crystals and as sheaf-like (Figs. 12–14 and Fig. III on the cover) or radial-globular aggregates (Fig. XII on the cover). Analytical data and calculated formulae are given in Tables VII–VIII (average formula is $\text{Ca}_{4.0-4.2}\text{Na}_{1.3-1.7}\text{K}_{0-0.2}[\text{Al}_{9.7-9.8}\text{Si}_{26.2}\text{O}_{72}] \cdot 29.0-33.5\text{H}_2\text{O}$), for density values see also Table VIII. The studied stilbite-Ca crystal is monoclinic ($C2/m$), unit cell parameters are: $a 13.634(2)$, $b 18.212(2)$, $c 11.282(1)$ Å, $\beta 127^\circ 51 \pm 50'$ (Table IX).

The XRPD pattern of spheroidal zeolite formerly identified as stellerite (Jánossy *et al.*, 1987) shows strong evidence of monoclinity (Figs. 15–16), so this morphological variety is also stilbite-Ca (no presence of stellerite has been proved so far among the zeolites of Csódi Hill).

Zeolites of Csódi Hill are products of hydrothermal activity. Hydrothermal cavities can be filled with zeolites only (1), zeolites and different generations of calcite (2) or zeolites and iron saponite (3). Iron saponite often occurs as inclusion in zeolites (Figs. V–VI, VIII and XI on the cover). Several zeolite generations are assumed. The first one – small, transparent analcime and chabazite-Ca crystals – is widespread in the neighbouring area as well (Visegrád Mts., Southern Börzsöny Mts.; Table X). The second generation – zeolites showing great variability both in form and colour – is characteristic only for Csódi Hill. The succession trend proposed by Reichert & Erdélyi (1935), *i.e.* chabazite-Ca (incl. phacolite) – analcime – stilbite-Ca, was proved with strongly overlapping crystallisation periods. Chabazite-Ca can be both older and younger than analcime, but sheaf-like stilbite-Ca is always the youngest zeolite. Calcite formed during the whole zeolite crystallisation period, while iron saponite is connected only to the late stage of crystallisation. Stable isotope data of calcite (Fekete *et al.*, 1999) and analcime (Demény *et al.*, 1997) also confirm that these minerals formed during the same crystallisation period. Calcite and iron saponite accompanying zeolites never appear in the same cavity, which may be a result of completely different genetic circumstances.

Összefoglalás: A mind földtani (I. Korpás, 1999), mind közetten-geokémiai (I. Harangi, 1999) szempontból figyelemre méltó Csódi-hegy miocén dácitlakkolítja régóta nevezetes a hűlési repedésrendszerében és hidrotermás üregeiben megjelenő zeolitos ásványtársulásról. Cikkünk a paragenézis korszerű módszerekkel végrehajtott ásványtani vizsgálatának eredményeit tartalmazza. Vizsgálataink alapján a Csódi-hegyen – a több generációs kalcit és a csöves megjelenésű agyagásvány („vasszaponit”) mellett – kabazit-Ca*, sztílibit-Ca*, és rombos analcim fordul elő.

Az analcimnak víztiszta és zavaros változata ismert a Csódi-hegyen, az előbbi az üde, szürke, az utóbbi pedig a mállott, sárgás köztéppushoz kötődik. A két változat vegyi összetétele megegyezik: $\text{Na}_{0,9}[\text{Al}_{0,9-1,0}\text{Si}_{2,0-2,1}\text{O}_6] \cdot 0,9-1,3\text{H}_2\text{O}$ (I–II. táblázat). A vizsgált analcimkristály az optikai tulajdonságok – $2V_D = 20(2)^\circ$, $\alpha_D = 1,4860(3)$, $\beta_D = 1,4866(3)$, $\gamma_D = 1,4868(3)$ – és a TEM SAED-felvételek alapján (4. ábra) rombos szimmetriájú (*Immm*, *I222* vagy *Imm2*), rácsállandói: $a = 13,737(3)$, $b = 13,747(6)$, $c = 13,705(1)$ Å (III. táblázat).

A kabazit-Ca romboédes kristályegyedek és „fakolit” típusú ikrek formájában egyaránt megtalálható a hidrotermás üregekben. A kristályok szín, átlátszóság és méret tekintetében meglehetősen változatosak. A vegyelemzési adatokat és a belőlük számítható kémiai összetételt lásd a IV–V. táblázatban (az átlagos kémiai összetétel $\text{Ca}_{1,1-1,3}\text{Na}_{0,3-1,3}\text{K}_{0,1-0,2}[\text{Al}_{3,3-3,6}\text{Si}_{8,5-8,7}\text{O}_{24}] \cdot 11,3-15,2\text{H}_2\text{O}$). A vizsgált kabazit-Ca kristály triklin (*P1*) szimmetriájú, rácsállandói: $a = 9,405(3)$, $b = 9,406(2)$, $c = 9,435(3)$ Å, $\alpha = 94^\circ 28,2 \pm 1'$, $\beta = 93^\circ 48,2 \pm 1'$, $\gamma = 94^\circ 39,0 \pm 1'$ (VI. táblázat).

A sztílibit-Ca táblás kristályok, kevés, illetve gömbös-sugaras halmazok formájában van jelen a Csódi-hegyen. Vegyi összetételének adatait l. a VII–VIII. táblázatban, az átlagos összetétel a következő: $\text{Ca}_{4,0-4,2}\text{Na}_{1,3-1,7}\text{K}_{0-0,2}[\text{Al}_{9,7-9,8}\text{Si}_{26,2}\text{O}_{72}] \cdot 29,0-33,5\text{H}_2\text{O}$. A vizsgált kristály monoklin (*C2/m*) szimmetriájú, rácsállandói: $a = 13,634(2)$, $b = 18,212(2)$, $c = 11,282(1)$ Å, $\beta = 127^\circ 51 \pm 50'$ (IX. táblázat).

A röntgen pordiffrakciós vizsgálatok egyértelműen bizonyítják, hogy a Jánossy *et al.* (1987) által stelleritként leírt gömbös-sugaras megjelenésű zeolit valójában sztílibit-Ca (l. a 15–16. ábrát), így a stellerit törlendő a Csódi-hegyi ásványok listájáról.

A zeolitok képződése hidrotermás folyamatokhoz kötődik, a következő paragenézisekben: zeolitok ön-magukban (1), zeolitok kalcittal (2), zeolitok „vasszaponittal” (3). Utóbbi ásvány a zeolitok zárványaként is megjelenik. A faj- és formaegyüttesek alapján legalább két zeolitgeneráció valószínűsíthető. Az első generáció – amelyet az apró, víztiszta analcim és a szintén apró, színtelen, romboédes kabazit-Ca és fakolit képvisel – regionálisan (Visegrádi-hegység, Dél-Börzsöny) elterjedt (l. X. táblázat). A második, forma- és színgazdag zeolitgeneráció viszont csak a Csódi-hegyre jellemző. Vizsgálataink megerősítették a Reichert & Erdélyi (1934) által feltételezett (kabazit-Ca [beleértve a fakolitot is] – analcim – sztílibit-Ca) kiválási sorrendet, bár a zeolitok képződési intervallumában jelentős átfedések tapasztalhatók. A kabazit-Ca idősebb és fiatalabb is lehet az analcimnál, de a kevés sztílibit-Ca mindig a legfiatalabb zeolit. Kalcit a zeolitok teljes kiválási intervallumában, sőt még az után is képződött, míg a „vasszaponit” csak a késői stádiumban vált ki. A kalcit (Fekete *et al.*, 1999) és analcim (Demény *et al.*, 1997) stabil izotópos adatai szintén bizonyítják, hogy ezek az ásványok azonos kristályosodási folyamathoz kötődnek. Kalcit és „vasszaponit” sohasem jelenik meg együtt, ami egymást kizáró képződési körülmény(ek)re utalhat.