

## Titanito kaj apatito

Kiel ili rolas en la fonolitecaj vulkanaĵoj de la norda Bohemio

Josef KAVKA

### Enkonduko

Kvankam la silikato titanito, kies ĥemia konsisto proksimas al  $\text{CaTi}[\text{SiO}_4][\text{O}, \text{OH}, \text{F}]$ , kaj la fosfato apatito  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{OH}, \text{F}, \text{Cl}]$  prezentas el ĥemia vidpunkto malsimilajn mineralojn, ili rolas en la nordbohemiaj fonolitoj tre simile. Tion mi provos koncize ekspliki.

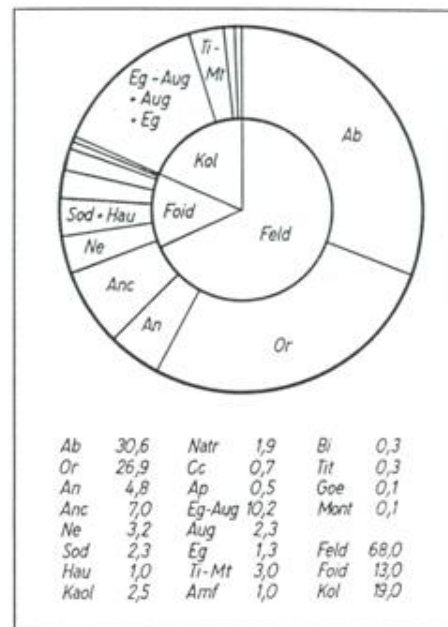
### Laŭkvanta partopreno

La grafikajo (Kavka, 1972) prezentas mezvaloran mineralkonsiston de la nordbohemiaj fonolitoj en formo de cirkla diagramo kaj tabelo. El tio evidentiĝas, ke la du mineraloj, pri kiuj temas, apartenas al la kategorio de akcesoraj, t.e. neĉefaj konsistajoj: titanito (*Tit*) partoprenas per 0,3 kaj apatito (*Ap*) per 0,5 de la procentoj ekvivalentaj ("molekulaj"). La valoroj estas akiritaj per kalkulado de 117 specimenoj, ĉu el masprocente esprimitaj ĥemianalizoj, ĉu el volumprocente esprimitaj modal-analizoj (Kavka, 1968).

### Aŭtomorfeco

En multaj studoj kaj lernolibroj de petrologio (ekz. Hejtman, 1956) oni tradicie interpretas la bone evoluintajn (aŭtomorfajn) kristalojn de titanito kaj apatito kiel rezultojn de ties tre frua kristaliĝado. Laŭ la regulo formulita de Rosenbusch (1898), plej frue kristaliĝas el magmo akcesorajoj: fosfatoj, feroksidoj, spinelo, zirkono, titanito, perovskito kaj aliaj.

Same Hintze (1897-1939) skribis pri apatito: "Er ist in den Eruptivgesteinen stets idiomorph, ohne Einschlüsse fremder Mineralien, stellt also eines der ersten Ausscheidungsprodukte dar" (= "Ĝi estas en magmorokajoj ĉiam aŭtomorfa, sen inkluditaj fremdaj mineraloj, prezentas do iun el la unuaj kristaliĝ-produktoj"). Okaze de la nordbohemiaj fonolitoj tiu aserto validas nek koncerne inkludaĵojn nek koncerne la kristaliĝ-sinsekvon. Male: 1<sup>e</sup> plej ofte ties apatiton plenŝtopas opakaj inkludaĵoj, kaj 2<sup>e</sup> ĉiam temas pri mineralo, kiu kristaliĝis tre malfrue, nome dum la stadio vulkanoterma. (La ĵus aplikitan terminon mi lanĉis en mia studo el 1978 pri bentonitoj.) Aliflanke, Hintze konfirmas, ke apatito povas kristaliĝi, ekzemple en la lafoj de Vezuvio, sub kunefiko de pneŭmatolizaj faktoroj (germane: "unter Mitwirkung von pneumatolytischen Agentien"). Tiu ĉi laste citita ideo estas kontraŭdira al



Grafikajo - Tabelo

Averaĝa mineralkonsisto de la nordbohemiaj fonolitoj. La mineralnomoj aperas laŭnorme mallongigitaj, ekz. *Tit* = titanito, *Ap* = apatito. La valoroj estas esprimitaj ekvivalent-procente.

la supra aserto pri produktoj de frua magmo-kristaliĝado. Cetere ankaŭ Zavarickij (1956) atentigas, ke krom aliaj pegmatit-konsistajoj (do produktoj de pneŭmatolizo), ĝuste apatito kaj titanito, malgraŭ iliaj aŭtomorfeco, kristaliĝis inter la lastaj. Tiel li eksplicite refutas la "regulon" de Rosenbusch, kiun bedaŭrinde akceptis famaj esplorintoj en bohemia mezmontaro (ekz. Hibsich, 1917).

Resume dirite, aŭtomorfeco ne ĉiam estas fidinda atesto pri frua kristaliĝado. Okaze de apatito kaj titanito ligitaj al magmo, ne eblas dubi, ke ambaŭ mineraloj estiĝis dum la stadio pneŭmatoliza ĝis la stadio hidroterma (se temas pri vulkanismo: vulkanoterma). Konkrete: Se oni konstataks heksagonan apatit-prismeton aŭ monoklinan kojnotabuleton de titanito, fermitajn en pirokseno, biotito, feldspato kaj aliaj, tio per si mem ne signifas, ke ili kristaliĝis pli frue ol iliaj gastigantoj.

### Amasiĝ-indico

La supra miskompreno de *Rosenbusch* kaj aliaj konsistas en tio, ke la perfekte evoluintaj kristaloj, ĉi-loke de titanito kaj apatito, simple ŝuldiĝas al ties granda "kristaliĝ-forto" (*Becke*, 1903), t.e. la kapableco kristaliĝi eĉ kontraŭ konsiderinda rezisto de ĉirkaŭa medio. Tiu ĉi forto dependas de la kristal-krada denseco. Ju pli dense dislokitaj estas la koncernaj jonoj de la krado, des pli altgrada estas la kristaliĝ-forto. Laŭ *Termier & Termier* (1956) pli taŭga termino estus "kristalkreska premo". Tamen, eble la plej trafa ŝajnas la termino de *Fairbairn* (1943), nome "amasiĝ-indico" (angle: *packing index*).

Ekzemple la latero de la apatita element-ĉelo kristal-krada, mezurita de *Bragg* (1937) en la baza heksagona ebena (0001) estas 0,935 nm. Oni konsideru, ke enkadre de tiu ĉi distanco situas jonoj de fluoro, fosforo (ĉirkaŭita de kvar grandaj oksigen-jonoj), kalcio kaj fine ree fluoro (aŭ anstataŭe fluoro aŭ hidroksilo). Jen kioma amasiĝo de partikloj. *Bragg* mezuris ankaŭ la titanitan element-ĉelon en la ebena vertikala (010): klinodiagonale 0,656 nm, vertikale 0,744 nm. Ĉi-okaze temas pri amasiĝo ankoraŭ pli densa: krom la tetraedroj  $[SiO_4]^{4-}$  rolas la anjonoj  $O^{2-}$ ,  $OH^{1-}$ ,  $F^{1-}$  kaj la katjonoj  $Ca^{2+}$ ,  $Ti^{2+}$ . (Por kompari: ekzemple en muskovito la vertikala distanco de la tetraedro-tavoloj egalas al 2,004 nm. Jen kial tiu ĉi glimo elmontras amasiĝ-indicon nur etan.)

### Mikroskopado

Post pli ol 30-jara pristudado de miloj da fonolit-mikrosekcaĵoj, mi povas resumi, ke

- titanito kaj apatito aperas en la nordbohemiaj fonolitoj aŭtomorfe;
- iliaj gastigantaj membras en la kristaliĝ-sinsekvo ekde la plej fruaj fenokristaloj de sodalito, nefelino, alkala amfibolo, egirinaŭgito, egirino, anortoklazo, trans la kristaletoj de la baza maso, ĝis vakuoletoj aŭ vejnetoj de analcimo, natrolito, filipsito, kalcito, montmori-lonito kaj aliaj (*Kavka*, 1965);

- se la laste nomitaj membroj de la vulkanoterma paragenezoz apenaŭ metis reziston al la kreskantaj titanit- kaj apatit-kristaloj, la pli fruaj mineraloj (ekzemple la alkala pirokseno) prezentis medion pli rigidan. Tial eblas observi, ke kojna kristalo de titanito kaŭzis disrompon de la gastiganto: antaŭe kristaliĝinta koloneto de egirin-aŭgito. Alia ekzemplo pruvanta malfruan kristalkreskon de apatito: ties etaj heksagonaj prismoj viciĝis laŭ la klivebena de feldspato.

### Konkludo

Titanito kaj apatito en la fonolitoj de la norda Bohemio kristaliĝadis tre malfrue, nome dum la stadio vulkanoterma.

### Resumo

Apatito kaj titanito en la nordbohemiaj fonolitoj aperas kiel kristaloj aŭtomorfa. Tion kaŭzas la konsiderinda denseco de ties kristalkradoj. Ambaŭ akcesoraj konsistaĵoj kristaliĝis nur en la stadio vulkanoterma, tute ne dum frua stadio de magmosolidiĝado, kiel opiniis iuj antaŭaj aŭtoroj.

### Resumo ĉeflingva

*Titanit, apatit: jejich úloha v severočeských znelcích: Světvarý vývoj apatitu a titanitu v severočeských znelcích je dán hustotou jejich krystalové mřížky. Oba tyto prídavné nerosty se tvořily až ve stadiu vulkanotermálním, nikoli v raném stadiu magmatické krystalizace, jak se domnívali někteří starší autoři.*

### Referencoj

- Becke, F.* (1903). *Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer.* - *Denkschrift Osterr. Akad. Wiss., Wien, mat.-naturwiss., Kl.*
- Bragg, W.L.* (1937). *Atomic structure of minerals.* - *Cornell Univ. Press*
- Fairbairn, H.W.* (1943). *X-ray petrology of some fine grained foliated rocks.* - *Americ. Mineralogist*, 28, Washington.
- Hejtmán, B.* (1956). *Všeobecná petrografie vyvrěných hornin* (Ĝenerala petrologio de la magmorokajoj). - *Naklad. Čsl. Akad. Věd., Praha*, paĝo 78.
- Hübsch, J.E.* (1917). *Geologische Karte des Böhmisches Mittelgebirges. Bl. VIII (Umgebung von Salesel).* - *A. Hölder, Wien*, paĝo 32.
- Hintze C.* (1897-1939). *Handbuch der Mineralogie, Berlin.*
- Kavka, J.* (1965). La evoluado de mineraloj el fonoliteca magmo natririĉa. - *Kemio Internacia*, 1, 27-33, Montevideo.
- Kavka, J.* (1968). Tabelare pri ĥemiaj kaj minerala konsisto de la nordbohemiaj fonolitoj. - *Geologio Internacia*, 1, 101-192, Prago.
- Kavka, J.* (1972). Diagrame pri ĥemiaj kaj minerala konsisto de la nordbohemiaj fonolitoj. - *Geologio Internacia*, 2, 45-91, Prago.
- Kavka, J.* (1978). *O vulkanotermální genezi severočeských bentonitu* (Pri vulkanoterma genezo de la nordbohemiaj bentonitoj (kun Esperanto-resumo)). - *Acta Univ. Carol. (Geol., Kratochvíl V., 3-4, 399-404, Praha.*
- Rosenbusch, H.* (1898). *Elemente der Gesteinslehre. 1. Aufl.* - *Stuttgart.*
- Termier, H. & Termier, G.* (1956). *L'évolution de la lithosphère. I. Pétrogenèse. 653 p.* - *Paris*, paĝo 88
- Zavarickij, A.N.* (1956). *Izverjennie gornie porodi (Magmorokajoj)*. 480 p., *Izd. Akad. Nauk, SSSR*

**Glosaro :** aŭtomorfa - bonforme evoluinta / fonoliteca - kun eco de fonolito / gastiganto - mineralo inkludanta en si alian mineralon kvazaŭ en sia hejmo / paragenezoz - natura mineralkunajo kondiĉita fizike kaj ĥemie

### Adreso de la aŭtoro:

*Dr. Josef KAVKA, CSc.*

*Lužná 7 - Vokovice*

*CZ - 160 00 - Praha 6, ĈEĤIO*

**Priaŭtoro informo:** Doktoro de natursciencoj, kandidato de teknikaj sciencoj, profesia petrologo.