

A kvarc

HOLLÓSY FERENC

A Magyarhoni Földtani Társulat (MFT) Ásványtani-Geokémiai Szakosztályának vezetősége 2016 őszén három jelöltet javasolt az „Év ásványa” címre. Az elmúlt évhez hasonlóan, most is internetes szavazás döntött arról, hogy a kvarc, a gipsz, valamint egy jelölt-páros, az malachit-azurit közül melyik vi-selheti idén ezt a megtisztelő címet. A kvarc lett a befutó.

Bátran állíthatjuk, hogy a kvarc egyike a legkorábban megismert és felhasznált ásványoknak. Az emberiség hajnalától kezdve máig jelen van hétköznapjainkban. A pattintott kőkorszakban pengéket, nyíl- és dárdahegyeket készítettek olyan kvarcváltozatokból, mint amilyen a tűzkő vagy a radiolarit. A tűzkövet, ahogy neve is sugallja, többnyire tűzgyújtásra használták, mivel acéllal megütve szikrát vet a gyufa előtti idők tűzszerszámaiban, valamint a kovás puskák, azaz a flinták gyújtószerkezetében is. Egy népszerű amerikai rajzfilmsorozat, a Flintstone-család névadója is a tűzkő volt. Az angol *flintstone* szó ugyanis tűzkövet jelent.

Az ókorban úgy gondolták, hogy a hegyikristály - a kvarc színtelen, víztiszta változata - valójában egy soha el nem olvadó, örökre megszilárdult jég. Mai kristály szavunk is a hegyikristály nevéből ered, melyet az ókori görögök *krisztallosz*nak neveztek. Számos uralkodói jelvény és ékszer készült a víztiszta kvarc nagy kristályaiból. Gondoljunk csak a magyar uralkodói jelvények közül a koronára, amelyet többek között ametisztek díszítenek, és a jogarra, melynek hegyikristály gömbjébe egy oroszlánt faragtak. A közép-korban a víztiszta kvarc hibátlan kristályai-ból készültek a jövendőmondók és az alkímisták kristálygömbjei.

A hegyikristály mellett a kvarc drágakő minőségű színes változatai is nagyon keresett árucikkek voltak az ókori világban. Nagy becsben tartották a mívesen megmunkált ónixból, achátból, karneolból, ametisztből, krizoprászából és szarderből készült ékszereket és tárgyakat, melyeket kultikus jelentéssel ruháztak fel. Erről tanúskodnak azok az óskori és ókori temetkezési helyek, melyek sírmellékletei között gazdagon díszített nyakékeket, karkötőket és „gyógyító” ékszereket találtak a régészek.

A kvarc elnevezéssel először a XIV. századi német bányászati leírásokban találkozunk. *Georgius Agricola* 1530-ból származó írásában, mint az ércesedések meddő anyagát említi. Sajnos a szó eredete és jelenté-



Füstkvarc (A szerző felvétele)

se az idők folyamán a feledés homályába merült. Annyi azonban bizonyos, hogy a magyar nyelv a kvarc szót a német nyelv „*Quartz*” szavából vette át.

A kvarc kőzetalkotó ásvány. Egyike a földkéreg leggyakoribb ásványainak. A földpátok után a második leggyakoribb. Sokféle földtani környezetben képződhet. Mélységi magmás körülmények között jellemzően a magas szilícium- és víztartalmú kőzetolvadékok (savanyú magma) hűlése során válik ki, ezért a gránitok, granodioritok, kvarcdioritok fő összetevője. A vulkáni kőzetek közül leggyakrabban a dácitokban és a riolitokban fordul elő. A pegmatitos, pneumatolitos és hidrotermás ércesedések gyakori meddőásványa. A kőzetrepedéseket kitöltő ásványok között sokszor a kvarc a domináns.

A magmás kőzetek lepusztulásakor a kvarcsemcsék a mállási folyamatokat túlélnek, és felaprózódva a legtöbb üledékes kőzet alapjává, illetve azok fontos cementáló anyagává válnak. A kvarchomok és a kvarckavics szinte csak ebből áll. A metamorf kőzetek közül a gneiszek, a csillámpalák és a fillitek tartalmaznak sok kvarcot. A kvarcot holdkőzetekből és kőmeteoritokból is kimutatták.

A természet eme remekművét csak kétféle kémiai elem építi fel. Ezt elsőként *Jöns Jacob Berzelius* svéd vegyész mutatta ki 1823-ban. Megállapította, hogy a kvarc oxigénből és egy általa felfedezett új elemből, a szilíciumból áll. Magát a kvarckristályt pedig szilícium-dioxid (SiO_2) építi fel.

Az összetétel alapján a mineralógia tudománya a kvarcot az oxidok-hidroxidok osztályába sorolja. Tiszta formában a kvarc átlátszó és színtelen. A jól fejlett, hegyikristályok szabályos példányai ritkák. Két olyan víztiszta magas fénytörésű változata is van

a kvarcnak, mely nagy népszerűségnek örvend a gyűjtők körében. Az egyik Erdélyhez kötődik és *máramarosi „gyémánt”* a neve, a másik lelőhelye az amerikai New Jersey Herkimer települése, melynek nyomán *herkimer „gyémánt”*-nak hívják.

A kvarcok többsége színes. Több száz színváltozatát ismerjük. Közülük sok drágakőváltozat vált híressé a történelem során. Lássunk közülük néhányat izelítőül!

Az *ametiszt*: az egyik legszebb, leglátványosabb kvarcváltozat. A nyomelemként beépült vas adja halványlila-ibolya színét. Az ametiszt a legtöbb helyen előfordul, ahol gránit bukkan a felszínre. Az ásvány neve az ógörög „*amethuszosz*” szóból származik. A termék jelentése „ne igyál”, mivel azt hitték, az ásvány megvéd a lerészegedéstől.

A *citrin* a kvarc sárga, narancssárga vagy barna színű változata. Színét a nyomelemként beépülő vas-oxidtól kapja. Neve a latin *citrus* (=citrom) szóból származik. A természetes citrin ritka és értékes ásvány. Eredetileg a citrin lila ametiszt volt, de a magma hőjének hatására sárga kristállyá alakult át. Azt a természetes változatot, amelyben az ametiszt és a citrin együttesen előfordul, ametrinnek nevezzük.

A *rózsakvarc* kristályai ritkák, csak néha haladják meg az 1 cm-t. Sokkal gyakoribbak tömeges halmazai. Színét a nyomelemnyi mennyiségben jelenlevő titánnak köszönheti. Tejszerű árnyaltságát apró, tű alakú titánzárványok idézik elő. A rózsakvarc általában pegmatitokban, néha több száz kilogrammos tömegekben fordul elő.

A *füstkvarc* pegmatitokban gyakran előforduló kvarcváltozat. Színe a világosbarától a feketéig terjed. Nyomelemként alumíniumot tartalmaz. Barnásfekete színe a föld mélyében zajló természetes radioak-

tív sugárzás hatására alakul ki. Az egészen fekete változatot morionnak nevezzük. Mesterséges besugárrással a halvány kvarcból is létrehozható füstkvarc, mely hevítéssel elhalványodik.

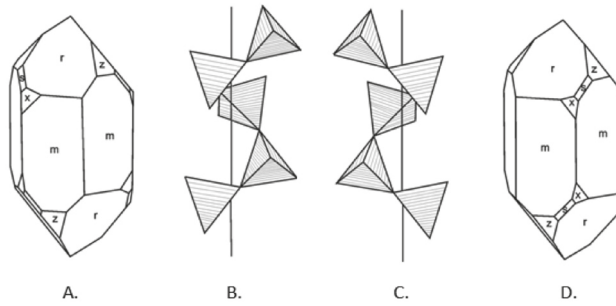
A *kalcedon* tömött, mikrokristályos kvarcváltozat, mely mikroszkopikus rostokból áll. Dudosos, fűrtös, cseppkoves megjelenésű, erekben, geodákban és konkréciókban fordul elő. Gyakran tartalmaz nyomelemeket vagy zárványokat, melytől rendkívül színes is lehet. Nevét egykori lelőhelyéről az ókori kikötővárosáról, *Khalkédón*ról kapta. A különböző sávozottságú, szalagosságú kalcedonokat achátnak nevezzük.

Az *ónix* és a *szárdónix* szalagos kalcedonféle, az egyik legfeltűnőbb megjelenésű acháttípus. Szalagjai jellegzetes lefutásúak, egyenesek, barnák-fehérek (ónix) illetve fekete-fehére (szárdónix). Nevét a görög „*ónix*” szóból kapta, mely körmöt jelent. A megvásárolható ónixpéldányok többségét mesterségesen állítják elő oly módon, hogy az achátot cukoroldatban áztatják, majd felmelegítik és néhány hétig melegben tartják, hogy a cukor bejuthasson az ásvány rétegeibe. A fekete-fehér sávos *szárdónixot*, barna ónixból készítik oly módon, hogy a bediffundált cukrot kénsavval elszénesezik az ásványban, melytől az megfeketedik.

A *karneol* a kalcedon narancsvörös, áttetsző változata. Vörös színét a hematitől (vas-oxid) vagy a goethitől kapja. A vörös szín hevítéssel fokozható, vas-só oldat hozzáadásával pedig csökkenthető. A karneolt már az ókori görögök és a rómaiak is nagyra becsülték. Főleg pecsétygyűrűket készítettek belőle.

A *krizoprász* a kalcedon áttetsző, igen értékes almazöld változata. Színét nikkeltartalmának köszönheti. Napfénynek kitéve sokszor elhalványul. Neve a görög „*khriszosz*” és a „*prasz*” szavakból származik, melynek jelentése aranylő poréghagyma, mellyel eredetileg talán a sárgásabb krizoprászról illeték. A krizoprász rokona a *prazem*, mely egy sötétebb árnyalatú lombzöld változat, ez azonban jóval ritkább.

Az *opál* neve a rómaiak „*opalus*” szavából ered. Jelentése drágakő. Az opál megszilárdult kovagél. Jelentős, 5–10 %-os víztartalma miatt az opálok többsége érzékeny a kiszáradásra. Számos színbeli és szerkezeti változata ismert, de legértékesebb a nemesopál. Az opál „tüztét” apró kovagömböcskből álló síkok idézik elő, melyek diffrakciós rácsként bontják fel a látható fényt eltérő hullámhosszúságú összetevőire. Az ásvány színe a gömböcskék méretétől és a diffrakciós síkok helyzetétől függ. A nemesopál legfontosabb lelőhelye az ausztráliai Queensland



Jobb és bal csavarodású kvarckristályok (A, D) és az őket felépítő jobb és bal menetes SiO₄ tetraéderekből álló helixek (Götze, 2009 nyomán)

és Új-Dél Wales területén található. A másik drágakőváltozat a *tűzopál*, mely Mexikó és Honduras trachitjaiban fordul elő.

Az ásvány színének létrejötte bonyolult folyamatok eredménye. Rendszerint a szilícium helyébe nyomokban beépülő kationok (pl. Li, Na, Al, Fe, Mn, Ti stb.) olyan szerkezeti hibákat okoznak a kristályrácsban, melyek a látható fény egy részének elnyelése révén színt kölcsönöznek az ásványnak. Ezeket az „alvó rácshibákat” sokszor a természetes radioaktív sugárzás aktiválja, melynek révén úgynevezett színcentrumok jönnek létre az ásványban. A színcentrumok érzékenyek lehetnek a hőhatásra és/vagy a napfényre.

Így hevítés hatására egyes kvarcfélék megváltoztathatják a színüket, de akár el is veszíthetik. Másoknál a napsugárzás idézhet elő hasonlót. Megint másoknál éppen a hevítés vagy a mesterséges besugárzás (radioaktív) hatására válik a kristály színessé vagy éppen foltossá. A zárványok beépülése is hatással van az ásvány színére. Ismertünk gázzárványokat (pl. szén-dioxid, metán), folyadékzárványokat („libellás kvarc”, melyben a víz, az olaj vízmértékhez hasonlóan buborékban mozog), de a leggyakrabban ásványzárványokkal (pl. rutil, hematit, klorit, riebeckit, aktinolit stb.) találkozhatunk.

A kvarc további fontos fizikai tulajdonsága a hasadás és a keménység. A kristályos kvarcok törésfelzárka öblösen ívelt, azaz „kagylós”, a vastosaké egyenetlen, szállak. Rideg, a vastos változatok szívósabbak, mint a kristályosodottak. A kvarc kemény ásvány. Keménysége a Mohs-féle tíz fokozatú skálán 7-es. Az üveget jól karcolja, az acéllal viszont szikrát vet. Kémiaailag nagyon ellenálló. Csak a hidrogén-fluorid (HF, fluorsav) oldja. Nagy stabilitása miatt a vulkáni és az átalakult kőzetek felszíni mállása során keletkezett törmelékben feldúsul. Főként homokokban és homokkőben találkozhatunk vele ismét.

A tiszta kvarc sűrűsége 2,66 g/cm³, míg a zárványokkal teli daraboké ennél kisebb, vagy nagyobb. Értékük 2,6–2,7 g/cm³ között változik. Ezzel az értékkel a kvarc a kis

sűrűségű úgynevezett könnyű ásványok közé tartozik. Az ásvány fizikai tulajdonságai a laza szerkezeti felépítéssel jól magyarázhatók.

A kvarc kristályrácsában az atomok térbeli elrendeződése tetraéderez. Minden szilíciumatom négy, tőle azonos távolságban lévő oxigénatommal alakít ki erős kovalens kötést és minden oxigénatom két szilícium atomhoz kapcsolódik. E kapcsolódási pontot követve a kvarc kristályrácsát SiO₄ tetraéderek hálózata építi fel. A SiO₄ tetraéderek a kristály megnyúlási irányába eső a kristálytani C-tengellyel párhuzamosan jobbra vagy balra csavarodó kettős láncolatot (helixet) alkotnak, ami távolról emlékeztet a DNS helikális szerkezetére. (Sokan ezt a szerkezetet tévesen spirálnak mondják, holott a spirál egészen más geometriai formát jelent mint a helix!)

Mindenesetre a csavarodás irányának megfelelően a tetraéder-láncok kétféle szerkezetet hozhatnak létre: úgy mint jobbkvarc és balkvarc. Ha a csavarodás iránya az óramutató járásával megegyező, akkor jobb menetes α-kvarcot, ha azzal ellentétes lefutású, akkor bal menetes β-kvarcot kapunk. A csavarodás iránya egy kristályon belül mindig egyféle. Ezek egymáshoz tükörképei, de nem azonosak (vagynis enantiomerek).

Ez a szerkezeti felépítés felelős azért az érdekes viselkedéséért, melyet először *Dominique Arago* francia fizikus és csillagász figyelt meg. Észrevette, hogy amennyiben a kvarckristályra fénynyalábot bocsát, akkor a kristály a fény polarizációs síkját adott szöggel elforgatja. Ezt a jelenséget optikai aktivitásnak nevezzük. Ma már rengeteg természetes és mesterséges anyagról tudjuk, hogy optikailag aktív. Sőt, manapság az optikai aktivitás vizsgálata az anyagok szerkezetvizsgálatainak egyik fontos, rutin vizsgálati módszere.

A kristályrács relatíve laza szerkezete, a tükörsíkok és színcentrumok hiánya együttesen felelős a kvarc egy másik különös tulajdonságáért, a piezoelektromosságért, melyet először a francia *Jacques Curie* fizikus-mineralógus és testvére, a későbbi Nobel-díjas *Pierre Curie* figyelt meg 1880-ban. Azt tapasztalták, hogy a kristály mechanikus összenyomásakor elektromos töltések jelennek meg a kristály felületén. Később a kutatók a jelenség „fordítottját” is felfedezték: ha elektromos feszültséget adnak a kristályra, az alakváltozással válaszol. Ezt a jelenséget manapság számos eszközben alkalmazzuk, pl. kvarcórákban (lásd később).

A kristályosodáskor fennálló hőmérsékleti és nyomásértékek szabályk meg a SiO₄ tetraéderek kapcsolódási módját, melyek így összesen 11-féle SiO₂ módosulat kialakulá-

sát teszük lehetővé. Normál légköri nyomáson és alacsony hőmérsékleten (573 °C alatt) háromszögös (trigonális) kristályrendszerű α -kvarc, vagy alacsonykvarc képződik. Magasabb hőmérsékleten (573–870 °C) és nyomáson viszont hatszögös (hexagonális) β -kvarc módosulat vagy magaskvarc képződik. A hűlés során elérve a kritikus 573 °C-ot a β -kvarc visszaalakul trigonálisra, miközben külső megjelenése megőrzi a magas keletkezési hőmérsékletre utaló hexagonális alakot. A kvarc alakja azonban elárulja, hogy alacsonyabb vagy magasabb hőmérsékleten képződött-e, ezért jó földtani hőmérő.

A SiO_2 -nak a képződési körülményektől (nyomás és hőmérséklet) függően többféle módosulata (polimorfizmus) ismeretes: mint a tridimit és a krisztobalit. A kvarc további ritka módosulatai: a keatit, a coesit vagy a sztisovit. Ezek az ásványok csak extrém nyomásvizonyok között képződnek, melyek ritkán adódnak a föld felszínén (például aszteroida, nagy meteoritok becsapódásakor). Idővel azonban ezek a kvartc típusok is stabilabb kvarcválozattá alakulnak át.

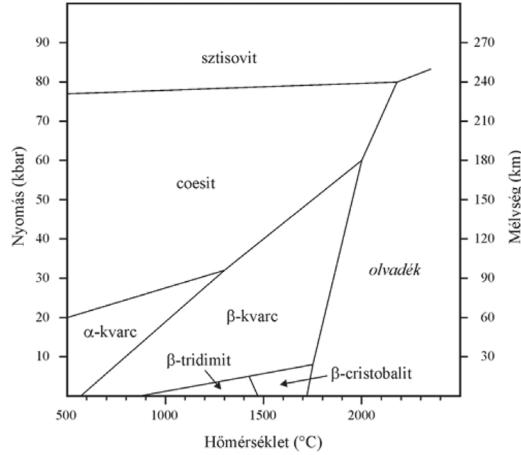
A kvarc gyakran alkot ikerkristályokat. Ilyenkor két kvarc-kristály meghatározott szimmetria szerint nő össze. A legismertebb ikertípusok a dauphinéi, a braziliai és a japán ikrek.

A jól fejlett kristályok mellett vannak a kvarcnak mikro- és rejtett („kripto-”) kristályos változatai is. Bár szerkezetileg ugyanarról a kvarcról van szó, a mikro- és kriptokristályos változatoknál a kristályalak már nem látszik. Emiatt megjelenése egységesen vaskos-tömeges. Az ilyen megjelenésű kvarcot az ipar hasznosítja hatalmas tömegben: pl. az építőipar, üveggyártás, kohászat, mikroelektronikai ipar.

Építőanyagként való hasznosítása a régmúlt időkre nyúlik vissza. Gondoljunk csak a malter készítéséhez használt homokra; a betonozáshoz vagy az útépitéshez használt, folyók szállította sóder gömbölyded kavicsaira (a magyar sóder szó a német *Schotter*-ből származik, mely mosott kavicsot jelent), melyek között rengeteg a kvarc-kavics.

Magas olvadáspontjának köszönhetően a kvarchomokot fém tárgyak öntéséhez szükséges öntődei homokként hasznosítják, vagy az olvasztók tűzálló *Schamott*-téglaíhoz használják. A kvarcból nyerjük a szilíciumot is, amit ötvöző anyagként használnak az acélgyártásban. Keménysége miatt jó őrlő, csiszoló és fényezőanyag. Manapság elsősorban homokfúváshoz használják.

A kvarc további fontos felhasználási területe az üveggyártás. A tiszta kvarc megolvastásával nyert olvadékból gyors lehűtés-



A SiO_2 fázisdiagramja. A nyomás és hőmérséklet függvényében az egyes kvarcváltozatok szerkezete egymásba alakulhat (Szakáll, 2011 nyomán)

sel készül a belső kristályos renddel nem rendelkező „kvarcüveg”, mely átengedi a higanygőz-fényforrások által kibocsátott ultraibolya sugarakat. UV-transzparenciája miatt ezt az üvegtípust alkalmazzák kvarc-lámpákban és a germicid csövekben. Szemben a „rendes” ablaküveggel, ami kiszűri ezeket a veszélyes sugarakat!

Kiváló optikai és elektromos tulajdonságait speciális lencsékben, prizmákban, küvetákban, szál-optikában, monokromátorokban, valamint rezonátorok, oszcilloszkópok készítésére használják fel. A kvarc optikai és piezoelektromos tulajdonságai mellett említést érdemel, hogy piroelektromos, vagyis melegítésre elektromos polarizációt mutat, valamint, hogy gerjesztés hatására lumineszcens fényt bocsát ki. Ez utóbbi tulajdonságát kamatoztatják a régészek betemetett cserépedények termolumineszcens kormeghatározás során.

A kvarc világméretű karrierje a mikroelektronikai ipar megszületésével és térhódításával vette kezdetét. A integrált áramkörökhöz használt szilícium forrása ugyanis a kvarc. A félvezetőkhöz használt, mesterségesen szennyezett szilícium nélkül ma nem beszélhetnénk mikrochipekről, telefonkártyákról, bankkártyákról, napelemtáblákról, napkollektorokról, folyadék-kristályos kijelzőkről stb. Ezekhez az eszközökhöz csak zárványokat, repedéseket, ikresedéseket nem tartalmazó, hibamentes kvarc-kristályok használhatók fel, melyek igen ritkák a természetben. A szükséges alapanyagot mesterségesen ütn, nagy nyomás alatt, forró lúgos oldatból történő kristályosítással, természetes kvarc oltószemcsével állítják elő.

Nagy tisztaságú szintetikus kvarc-kristályok nélkül ma nem lennének kvarcóráink. Ezek működése a kvarc korábban említett piezoelektromos tulajdonságán alapul. Az órajelet adó oszcillátor visszacsatoló áramkörének frekvenciát meghatározó eleme a kvarc-kris-

tály. A kristály saját frekvenciáját, mely többnyire 32 768 Hz-en rezeg, úgy osztják le, hogy a kimenet 1 másodpercenként változzon és ezzel a jellel vagy egy másodpercmutatót léptetnek (analog kijelzés), vagy számjegyeket íratnak ki egy kijelzőre (digitális kijelzés).

Az első kvarcórát 1927-ben építette meg *Warren Morrison* és *J.W. Horton* a Bell Telephone Laboratories-ban. Ez még egy hatalmas, elektroncsöves laboratóriumi berendezés volt. Az első kvarc-oszcillátoros karóra modellt az *Astron* a Seiko cég 1969-ben dobta piacra. A kvarcóráknak óriási sikerük lett. Robbanásszerű elterjedésük kis híján tönkretette az alapvetően drága mechanikus modellekre épülő svájci óraipart. Azóta persze a svájci óraipar jobbnál jobb modelleket produkál a gyártók korábbi hírnevét öregbítendő.

Még jócskán folytathatnánk a sort a kvarc erőnyeit illetően. Talán ebből a kis összeállításból is sikerült egy kis áttekintést kapnia az olvasónak e valóban sokoldalú ásvány tulajdonságairól és használhatóságáról. Az év ásványa program jó lehetőséget kínál arra, hogy a kvarcról nyert elméleti ismeretekkel immáron kellően felvértezve felkeressük és vizsgálódásainkat most már a terepen folytassuk, és ott tanulmányozzuk eme nagyszerű ásványcsoport jeles képviselőit.

S ha az izgalomból még nem lett volna elég, újra lehet szavazni a neten! Ugyanis nem régen hirdették meg a 2018-as „Év ásványa” és az „Év kövülete” program jelöltjeit. (itt találod: <http://www.evomasradvanya.hu/>)

Az új kiadás szerint Év Ásványa jelöltjei: fluorit, kalcit, szfalerit. Az Év Kövülete jelöltjei: Balatonites, fűsüskagyló, üstökös pálma. 🗿

Irodalom

- Szakáll Sándor: Ásvány- és kőzetek alapjai. Miskolci Egyetem Földtudományi Kar on-line jegyzete. Miskolc, 2011. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/sco_23_04.htm
- John Farndon: Kőzetek és Ásványok képes enciklopédiája. Atheneum 2000 Kiadó, Budapest, 2007.
- Ronald Louis Bonewitz: Kőzetek, Ásványok, Drágakövek. Kossuth Kiadó, Budapest, 2007.
- Harman-Tóth Erzsébet: Az év ásványa - a kvarc. A XXXV. Miskolci Nemzetközi Ásványfesztivál kiadványa. 2017. március 11-12.
- Thamóné Bozsó Edit, Harman-Tóth Erzsébet: Bemutatkozik a kvarc, az Év ásványa. Geoda. XXVII. Évf. 2. Szám, 2017.
- J. Götze: Chemistry, textures and physical properties of quartz - geological interpretation and technical application. DOI: 10.1180/minmag.2009.073.4.645. Published on November 13, 2009. <http://minmag.geoscienceworld.org/content/gsmminmag/73/4/645/F1.large.jpg>