

A cirkon ásvány felhasználásának lehetőségei és korlátjai az impaktszerkezetek és meteoritok vizsgálatában

The potential and limitations of using the zircon mineral in the study of impact structures and meteorites

FÜRJ János

H-7285 Törökkoppány Dózsa György utca 9, csillagharcos@gmail.com

Abstract

This review article describes the dating methods and their limitations on zircon crystals in the point of view of impact structures and meteorites, and introduces the „Gucsik-index”. This new index combines various mineral chemistry information and helps gaining new measure on the shock metamorphic level of the zircon crystals.

Keywords: shock metamorphism, geology, zircon, meteorites, impact structures

Kulcsszavak: sokkmetamorfózis, geológia, cirkon, meteoritok, impaktszerkezetek

1. Bevezetés

A meteoritok és impaktszerkezetek vizsgálatának kezdete az űrkorszak beköszöntésének idejére tehető, ami vagy fél évszázada, hogy meghatározza a tudományos kutatások specifikus szegmensét. Fontos kérdés az események korának, valamint a becsapódás mértékének meghatározása is, mert ezekből a létrejött pusztítás mértékére, és esetleges élővilágra gyakorolt hatására is következtetni lehet. Több kormeghatározási módszer létezik, de gyakran az U-Pb arány vizsgálata a legkézenfekvőbb, valamint ez rendelkezik az egyik legnagyobb időskálával is, mivel az urán felezési ideje közel 4,5 milliárd év. Itt válik egy kifejezetten hasznos, és praktikus vizsgálandó alannyá a cirkon. Ásványtani tulajdonságai, amik praktikussá teszik, a következők. Remekül ellenáll a környezet hatásainak, stabil, valamint erősen hajlamos más elemek, mint a ritka földfémek, és radioaktív izotópok saját szerkezetében való felhalmozásra (U, Th, Pb), ezek mellett nagy mértékig tolerálja a sokkmetamorfózis behatásait is.

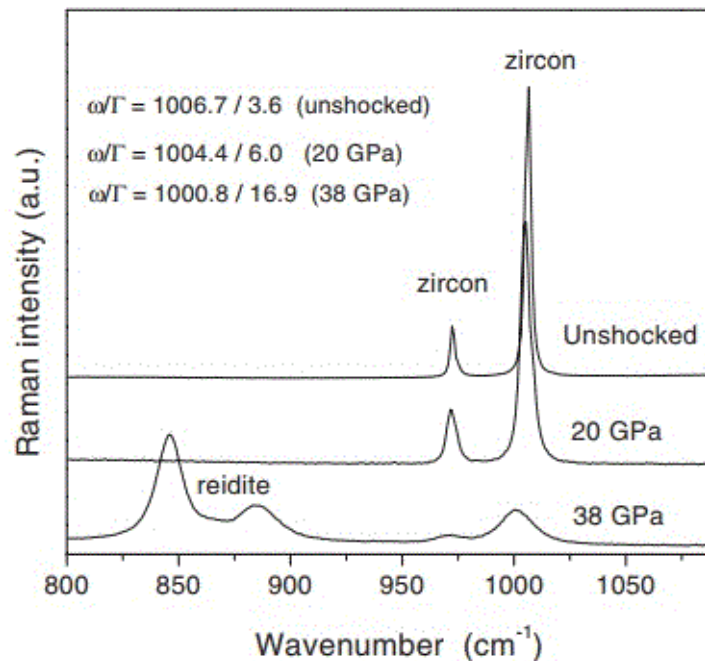
A különböző kormeghatározási eljárásokat széles körben használják a bolygófejlődés és a Földet és más bolygótesteket érintő ütközési események folyamatainak vizsgálatánál [2, 7].

2. Tárgyalás

2.1. A cirkon sokkállapotának meghatározása, a Gucsik-index

A magmás cirkon egy gyakori kísérő ásvány az üledékes kőzetekben, és tömeges kristályai több geológiai folyamatot is túlélhetnek. A becsapódás által okozott metamorf változás magas nyomású környezetben (20–60 GPa) következhet be, mikrostruktúrák deformációját okozva, a sokk deformációtól függően különböző fokozatokban. Valamint a beépülő radioaktív elemek a kristály szerkezetét roncsolják. [8] A cirkon széles körben használható a földi becsapódási struktúrák képződési korának megbízható datálására, mivel a Lappajärvi becsapódási struktúrából származó újrakristályosodott granuláris cirkon szemcsék U-Pb elemzésén alapul [6]. A természetben és kísérletben megvizsgált sokkolt cirkon minták Raman- és pásztázó elektronmikroszkóp és katódlumineszcencia tulajdonságai alapján kimutatták, hogy a sokkolt cirkon spektrális változása szisztematikusan változik a sokkoló nyomás növekedésével [3, 4, 5]. Általánosságban elmondható, hogy a fenti tanulmányok megállapították, hogy minden 10 GPa-os sokkcsúcs nyomás körülbelül 10 nm-es hullámhossz-változást eredményez (például csúcscsúcs, csúcscsúcs, csúcscsúcs megjelenése vagy eltűnése) az elektromágneses spektrumban (úgynevezett Gucsik-index) [5] (1. ábra). Ezért a cirkon minták sokkállapota

meghatározható ezzel az indexszel. Ez az információ szintén segíthet megérteni, hogyan befolyásolja a sokkmetamorfózis a cirkon U-Pb rendszertanát az életkor meghatározási folyamatok során.



1. ábra

A cirkon és sokkmetamorfózis hatására kialakult módosulatainak Raman-spektroszkópiás grafikonja

2.2. A sokkoltság mértéke és a geokronológia összefüggései

A vizsgálatok alapján kiderült, hogy ha a sokkmetamorfózis mértéke nagyobb, mint 40Gpa, akkor az ásványba beépült radioaktív elemek kis mértékben, de eltávoznak a kristályból, így a kronológiai vizsgálatok eredményi pontatlanok lesznek. Magyarán, csak az enyhe mértékben sokkolt szemcsék alkalmasak a megbízható eredmények szolgáltatásához [1, 2].

2.3. A cirkon, mint geológiai hő és nyomás jelző

Ásványtani tulajdonságai révén, valamint a Raman-spektroszkópiás vizsgálatok szolgáltatott eredmények tükrében elmondható, hogy egy minta vizsgálata során az adott Raman spektrumból jól kiszámolható a kristályt ért nyomás és hőmérséklet értéke is [9].

3. Összegzés

A cirkon kiváló hőmérséklet, nyomás, valamint kor jelző is, de vannak korlátjai az egyes módszereknek a mérés pontosságát illetően. A Gucsik-index pont ezeket egyesíti, így lecsökkentve az információk mennyiségét, valamint könnyebben megérthetővé teszi más kutatók számára is. A radioaktív kormeghatározás pontossága 40Gpa nyomáson és felett már nem megbízható a cirkon esetében. Ez rávilágít arra, hogy hasonló vizsgálatokat érdemes elvégezni más, impakt eseményeknél vizsgált ásványok esetében is.

Referenciák

- [1] DEUTSCH, A., SCHÄRER, U. 1994: Dating Terrestrial Impact Events, *Meteoritics*, **29/3**, page 301–322.
- [2] FÜRJ J., FUTÓ P. 2025: Limitations of the zircon dating in shock metamorphic rocks on Earth, The 56th Lunar and Planetary Science Conference, p. 2705 (kivonat).
- [3] GUCSIK A., KOEBERL, C., BRANDS TÄTTER, F., LIBOWITZKY, E., REIMOLD, W. U. 2004: Cathodoluminescence, electron microscopy, and Raman spectroscopy of experimentally shock metamorphosed zircon crystals and naturally shocked zircon from the Ries impact crater. In: *DYPVIK, H; BURCHELL, M; CLAEYS, P (szerk.) Cratering in Marine Environments and on Ice. Berlin, Germany, Springer-Verlag, 281–322.*
- [4] GUCSIK A., ZHANG, M., KOEBERL, C., SALJE, E.K.H., REDFERN, S.A.T., PRUNEDA, J.M., 2024: Infrared and Raman spectra of ZrSiO₄ experimentally shocked at high pressures. *Mineralogical Magazine*, **68(5)**, 801–811,
- [5] GUCSIK, A., KOEBERL, C., BRANDSTÄTTER, F., REIMOLD, W.U., LIBOWITZKY, E. 2002: Cathodoluminescence, electron microscopy, and Raman spectroscopy of experimentally shock-metamorphosed zircon. *Earth and Planetary Science Letters*, **202/2**, 495–509.
- [6] KENNY, G. G., SCHMIEDER, M., WHITEHOUSE, M. J., NEMCHIN, A. A., MORCALES, L.F.G., BUCHNER, E., BELLUCCI, J. J., SNAPE J. F. 2019: A new U-Pb age for shock-recrystallized zircon from the Lappajärvi impact crater, Finland, and implications for the accurate dating of impact events. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **245**, 479–494.
- [7] KIRKLAND, C.L., SMITHIES, R.H., TAYLOR, R. J. M., EVANS N., McDONALD B. 2015: Zircon Th/U ratios in magmatic environs. *Lithos*, **212-215**, 397–414.
- [8] REDDY, S. M., TIMMS, N. E., PANTLEON, W., TRIMBY, P. 2007: Quantitative characterization of plastic deformation of zircon and geological implications. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **153**, 625–645.
- [9] ZHAN ZHOU, Z., ZHAO, J., XIAO, L., SUN, J. 2024: Occurrences of complex ZrSiO₄ variants from the Ries impact ejecta: Constraints for shock thermobarometer in zircon during impact processes, *Icarus*, **420:116205**. DOI: 10.1016/j.icarus.2024.116205