

A FULLERÉNEK SZEREPE A FÖLDTÖRTÉNETI KIHALÁSOK OKAIBAN* EGY TÉVES HIPOTÉZIS KRÓNIKÁJA

Braun Tibor

az MTA doktora, c. egyetemi tanár,
ELTE Kémiai Intézet

Előszó

A legutóbbi kb. 500 millió év során öt kihalást vél többé-kevésbé bizonyítottan a földtörténet tudománya (*1. ábra*). Ezek közül kettőt tekintenek jelentős mértékűnek, a 65,5 millió évvel ezelőtti a Kréta és Triász korok határán bekövetkezett, valamint az eddig ismert legnagyobb, a Perm és Triász határán 251,4 millió évvel ezelőtti kihalást (Hallam–Wignall, 1997; Erwin, 1993).

Bevezetés

Jelen dolgozat témájával a szerző 2001-ben *Detre Csaba*, a Magyar Állami Földtani Intézet geológus kutatója felkérésére kezdett foglalkozni. Az említett intézethez ugyanis egy, az egyesült államokbeli NASA (National Aeronautics and Space Administration) által támogatott kutatócsoport azzal a kéréssel fordult, hogy az intézet a magyarországi Bálványoson feltárt és kezelt geológiai és paleontológiai kutatásokhoz használt lelőhelyéről talajmintákat kapjanak.

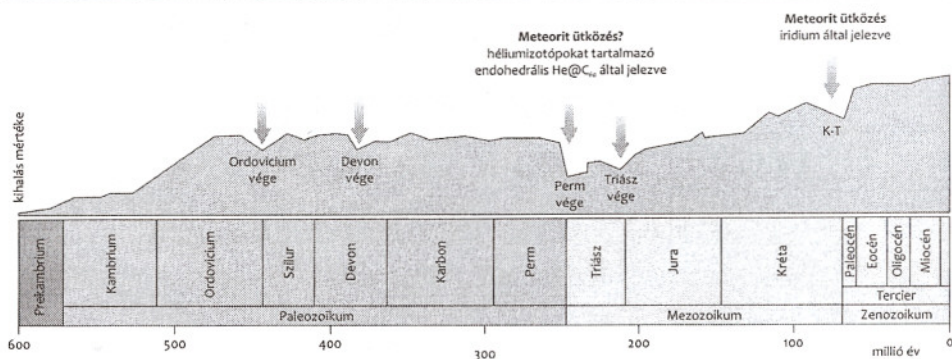
Az ilyen esetekre vonatkozó nemzetközi szokásoknak megfelelően az intézet szívesen

eleget tett a kérésnek. A minták átadása, illetve átvétele után a NASA-csoport a Földtani Intézetnek a minták feldolgozásáról és további sorsáról semmilyen információt vagy tájékoztatást nem adott. Ezzel szemben, 2001 februárjában az egyesült államokbeli, nagy nemzetközi hírnévnek és tekintélynek örvendő *Science* folyóiratban a NASA támogatását élvező szerzők: *Luann Becker* (Department of Earth and Space Center, Seattle, USA), *Robert J. Poreda* (Department of Earth and Environmental Sciences, University of Rochester, USA), *Andrew G. Hunt* (idem), *Theodore E. Bunch* (Space Science Division, Ames Research Center, NASA, Mopett Field, USA), *Michael Rampino* (New York, NASA, Goddard Institute of Space Studies, New York, USA) a következő címmel publikáltak egy cikket: *Impact Event at the Permian-Triassic Boundary: Evidence from Extraterrestrial Noble Gases in Fullerenes*¹ (Becker et al., 2001).

A dolgozatban a szerzők forradalmian új hipotézist közöltek, amely szerint 251,4 millió évvel ezelőtti a Perm–Triász földtörténeti korok határán a Föld egy körülbelül 12 km át-

* A cikk bővített változata a *Magyar Tudomány* honlapján olvasható: www.matud.iif.hu

¹ Ütközés a Perm–Triász határán: bizonyosság Földön kívüli nemesgázokat tartalmazó fullerénekben



1. ábra • Földtörténeti korok és a nagy katasztrófák (kihalások) ideje

mérőjű aszteroidával (meteorittal) ütközött, és ez a földtörténet eddig ismert legnagyobb méretű katasztrófáját okozta, amikor a földi biota (flóra és fauna) kb. 90%-a kipusztult (1. ábra). A Földön kívüli űrtesttel való ütközést a szerzők a Perm–Triász határáról vett üledék-, talajmintákban meghatározott, az űrből az aszteroidával érkezett fullerének, illetve azokban endohedrálisan tartalmazott héliumizotópok arányával tekintették bizonyítotttnak.

Ugyanis az űrbeli $^3\text{He}/^4\text{He}$ izotóparány ($>1 \times 10^{-4}$) jelentősen eltér a földi ($<1 \times 10^{-7}$) aránytól. A dolgozatban felsorolt talajmintalelőhelyek a következők voltak: Meisan (Meishan, Dél-Kína), Szaszajama (Sasayama, Délnyugat-Japán) és Bálvány (Bükk-hegység, Észak-Magyarország).

A mintákból a fulleréneket 1, 2, 3, 5-tetrametil benzollal extrahálták, az extraktumban a fulleréneket lézerdeszorpciós tömegspektrometrián (LDMS) határozták meg. Az endohedrális héliumizotópokat nanovolumetriás gázanalízissel és tömegspektrometrián mérték. A kínai és japán mintákban körülbelül ppb, ppt-nyi fulleréneket és mikrocc-nyi ^3He és ^4He izotópokat találtak. A Bálványból származókban fulleréneket csak elenyésző nyomokban mutattak ki. Ezt a mintavétel hiányosságainak tulajdonították.

A felmérés és kétélyek

A Földtani Intézet érdekelt volt abban, hogy mennyire megbízhatóak az amerikai kutatók dolgozatában közölt adatok, és hogy eredményeik mennyire igazolják a *Luann Becker*-csoport akkor (2001-ben) forradalmian új, világszenzációnak számító és a média felé széles körben terjesztett hipotézist a 251,4 millió évvel ezelőtti Föld–aszteroida ütközésről, és az ütközés által okozott kihalásról. Véleményezésre jelen szerzőt kérték fel. A felkérésnek eleget téve egy négytagú, részben nemzetközi munkacsoport létesítésének gondolata merült fel. 2001 tavaszán a csoport a következő összetétellel alakult meg: *Detre Csaba* (geológus), *Tóth Imre* (csillagász), *Eiji Osawa* (japán vegyész) és *Braun Tibor* (vegyész). *Osawa* professzor, aki a C_{60} molekulát már 1970-ben, jóval annak kísérleti felfedezése (1985) előtt megálmodta (az álom a *Kagaku* folyóiratban japán nyelven publikálva [Osawa, 1970] rejtve maradt 1985-ig), önként ajánlkozott az együttműködésre. Jelen szerző több, Japánban tett tanulmányútja során *Osawa* intézetében is dolgozott, és így *Osawa* professzorral hosszabb ideig működtek együtt a nemzetközi *Fullerene Science and Technology* című folyóirat létesítése és szer-

készítése során, és fullerénkutatási téren is folyamatos munkakapcsolatban álltak.

A csoport az amerikai kutatók eredményeinek tanulmányozása után észrevételeit ismertette a hazai Földtani Intézettel, és angol nyelven közzétette még 2001-ben (Braun et al., 2001). Ebben a szerzők a *Luann Becker*-csoport eredményeiben talált jelentős, főleg analitikai jellegű hiányosságra mutattak rá. Mivel a fullerének elemzését a földtörténet szemléletét döntően befolyásoló hipotézis felállítására és az említett kihalási katasztrófa ütközési feltételezésére használták *Beckerék*, a magyar–japán cikk a tudományos közösséget óvatosságra intette, ne fogadjon el túl gyorsan elégtelenül definiált kísérleti körülményeken alapuló eredményeket.

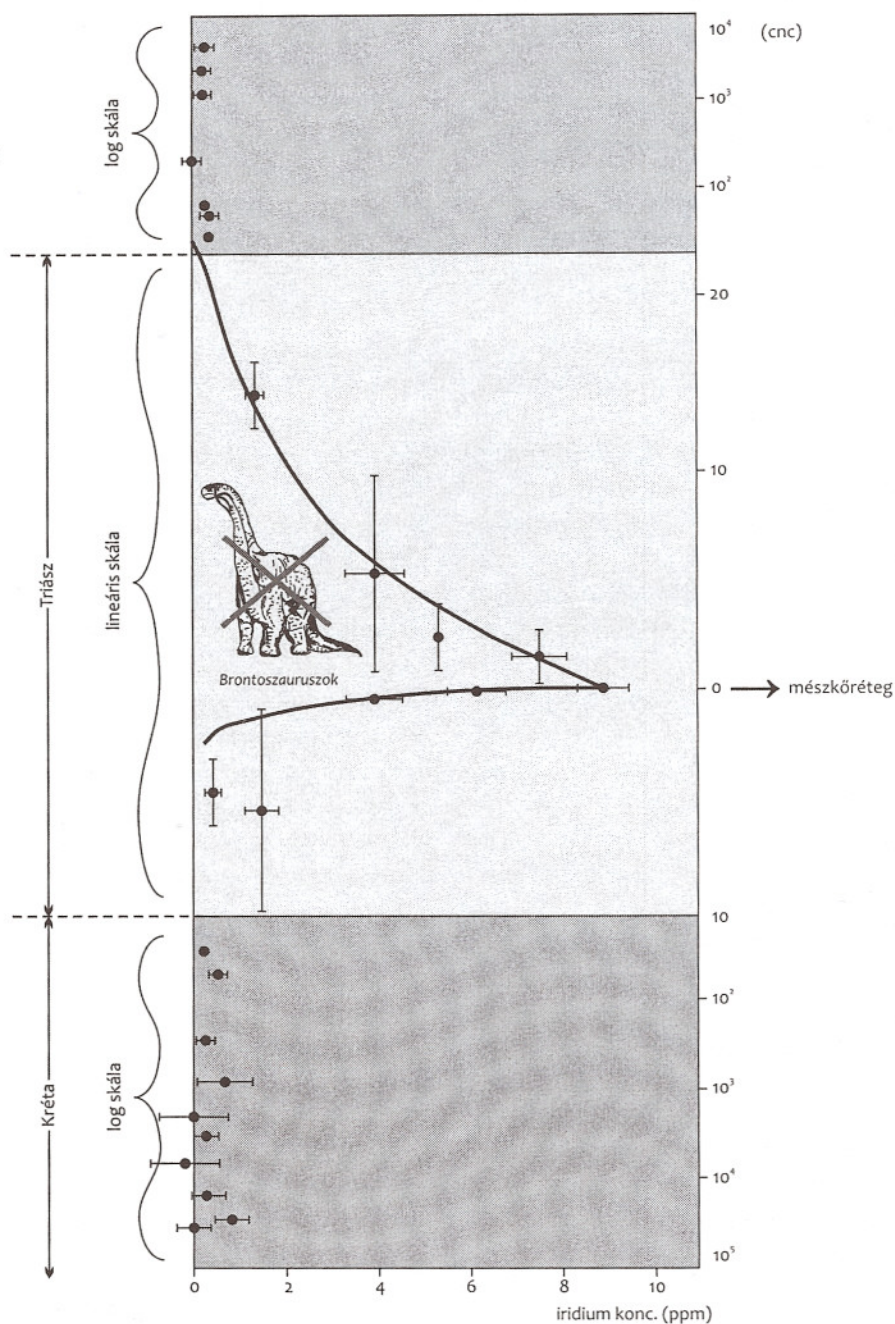
A tématerület irodalmára 2010-ben visszatekintve úgy tűnik, a magyar–japán csoport cikke volt világviszonylatban az első, amelyik megkérdőjelezte a *Luann Becker*-csoport hipotézisét, miszerint a Perm–Triász korok határán 251,4 millió évvel ezelőtti katasztrófát okozó aszteroida-ütközést bizonyos talajmintáiban a fullerének jelenléte egyértelműen igazolja, illetve bizonyítja. Két, ugyancsak 2001-ben közzétett írás a magyar–japán dolgozatban kifejezett kétkedésekhez járult hozzá. Az egyik (Farley – Mukhopadhyay, 2001), a *Luann Becker*-csoport által vizsgált talajmintákban nem tudta azok mérési eredményeit reprodukálni, illetve azokban a $\text{He}@C_{\infty}$ -t kimutatni és meghatározni, a másik (Isozaki, 2001) arra hívta fel a figyelmet, hogy a japán Szaszajamából (Sasayama) származó talajminták nem a Perm–Triász határáról eredő stratigráfiai rétegből származhattak.

A meteoritütközés-elmélet

„A meteoritütközési elmélet fénykora 1980-ban kezdődött, amikor az Appennineken a

geológus *Walter Alvarez* a Kréta és Tercier mészkőrétegek között vékony, sötét agyagréteget talált. *Alvarez* biztos volt benne, hogy a sötét anyag valamikor a két időszak, a Kréta és a Tercier határán keletkezett. A mintákat édesapja, a Nobel-díjas fizikus, *Luis Alvarez* vizsgálta meg. A korszerű kémiai módszerekkel (neutronaktivációs analízis) végrehajtott vizsgálat elgondolkoztató eredményt hozott: az irídium koncentrációja meglepően nagy volt. (2. ábra) Ez azért volt meglepő, mivel az irídium a földkéregben igen ritka, ugyanakkor a meteoritok anyagában a földihez képest jelentős mennyiségben fordul elő. Közben a Kréta–Tercier határral azonosítható réteget és benne az irídiumot a világ számos helyén megtalálták. Ebből arra következtettek, hogy a kérdéses időszakban a Földdel olyan nagy meteorit ütközött, amelynek nyomai az egész bolygón fellelhetők. Így a két *Alvarez* 1980-ban azzal a forradalmian új elmélettel állt elő, és mutatott fel rá kísérleti bizonyítékot, hogy 65,5 millió évvel ezelőtt a dinoszauruszok kihalását is a bolygóközi térből érkező hatalmas meteorit becsapódása okozta. A becsapódáskor keletkező, az egész légkörben szétterülő füst- és porréteg a napsugarak erősségét annyira csökkentette, hogy a nagy hidegben (jégkorszakban) a hőmérsékleti változásokat nehezen tűrő állatok elpusztultak. Mármint azok a példányok, amelyek a becsapódáskor keletkező erdőtüzeket túléltek.

A későbbi számítások kimutatták, hogy ilyen globális változást egy körülbelül 10 kilométer átmérőjű meteorit valóban előidézhetett. Ha ez az űrtest (meteorit) a Föld felszínére 25 kms^{-1} sebességgel (9000 km/óra) csapódott be, akkor 60 Gt (10^9 tonna) TNT (körülbelül száz hidrogénbomba) felrobbanásának megfelelő energia szabadult fel. Ha a becsapódás szilárd felszínen történt, akkor



2. ábra • Kréta–Triász korok határáról származó talajminták irídiumtartalma (Alvarez, *Science*, 1980, 208 1095)

legalább 150 km átmérőjű kráter keletkezhetett. A hamar népszerűvé váló elképzelést támogatók egy része még azt is tudni vélte, hogy ezt a krátert jelenleg a Mexikói-öböl vize tölti fel. *Alvarezék* véleménye szerint a kráter a Yucatán-félsziget alatt van, üledékekkel eltemetve. Az ütközés alkalmával hatalmas futótűzek gyúltak, mivel a hőmérséklet elérte a 2000–3000 kelvint. Ilyen magas hőmérsékleten a levegőben lévő nitrogén- és oxigén-molekulák nitrogén-oxidokká egyesültek. Ezekből salétomsav keletkezett, ami elsavanyította a csapadékvizet. A savas csapadék a növényzetben jelentős károkat okozott, csökkentve a növényevő állatok táplálékbázisát. A másik lehetőség szerint a nitrogén-monoxid kivonta az ózont a levegőből, ami a Nap ibolyántúli sugárzásának felerősödésével járt. Így nem kizárt, hogy a meteoritbecsapódás kellemetlen hatásait a nitrogén-oxidok tovább fokozták. Mindent összevetve, például a dinoszauruszok szempontjából a Kréta–Tercier határon igen kedvezőtlen állapotok uralkodtak” (Mészáros, 2001).

Az *Alvarez*-csoport 1980-ban publikált dolgozata (Alvarez, 1980) már megjelenésekor óriási érdeklődést, mondhatnánk szenzációt keltett világszerte nemcsak a geológus szakemberek, hanem a rokon területek szakemberei, a média (újságok, rádió, TV), sőt a dinoszauruszpusztulás okán még a laikusok köreiben is.

Iridium helyett endohedrális fullerének?

Visszatérve a *Luann Becker*-csoport által 2001-ben publikált eredményekre és hipotézisekre, óhatatlanul felmerül a szemlélőben a kérdés, hogy milyen mértékben és mennyire vette tekintetbe, illetve tekintette mintának vagy előzményként ez a csoport a 65,5 millió évvel ezelőtti kihalást okozott űrbeli ütközés Alva-

rezék már bizonyított, sőt elfogadott meteoritütközés-elméletét, és használta azt a 251,4 millió évvel ezelőtti kihalás modelljeként. Ugyancsak kérdés az is, hogy milyen mértékben gondoltak arra, hogyha a 65,5 millió évvel ezelőtti esemény igazolását a földi talajmintákban mért űrbeli irídiumkoncentráció igazolja, akkor a 251,4 millió évvel ezelőtti katasztrófa megtörténését is igazolhatja űrbeli endohedrális fullerének földreérkezése az űrbeli meteorittal, és jelenléte a megfelelő stratigráfiai talajmintákban.

Fejlemények 2001 és 2003 között

2002-ben egy, a geológiai fullerénnel foglalkozó összefoglaló közleményben (Buseck, 2002) annak szerzője a következőket írja: „részletes szakirodalom áll rendelkezésre a fullerének kereséséről a csillagközi terekben, de mindmáig [2002] pozitív eredmény nélkül. Megválaszolatlan kérdés marad, hogy minden kutatócsoport, *Beckeréket* kivéve, miért maradt eredménytelen űrbeli fullerének meteoritokban való azonosításában”. Ugyancsak az említett összefoglaló dolgozatból idézve: „A természeti fullerénekbe zárt nemesgázok kérdése ezen molekulák valószínűleg legizgatóbb aspektusa. Azonban fontos, megoldatlan kérdések merülnek fel. Több szerző megkérdőjelezte ezen eredményeket, és bár a kérdések egy részére a szerzők válaszoltak, üdvös lenne ezekre független válaszokat kapni...” Ez a felvetés annál inkább is időszerű volt, mert a *Becker*-csoport endohedrális héliumizotópokra vonatkozó méréseit 2001 és 2004 között senkinek a világon nem sikerült reprodukálni. A fentebb vázolt, több irányból kinyilvánított kételkedő, illetve kritikai hangú közleményeket teljesen figyelmen kívül hagyva és meg sem említve, *Luann Becker* nyilvánvalóan szenzációkeresési, mé-

diafigyelmet keltő szándékkal csoportja hipotézisét nagy részletességgel leírva, és a kételkedő eredményeket meg sem említve, 2002-ben cikket publikált a világviszonylatban nagy olvasottsággal rendelkező *Scientific American* című tudománynépszerűsítő folyóiratban (Becker, 2002).

A vízváltástól 2004-es év

Az igazán drámai fordulatot azonban egy 2004 októberében a *Nature* folyóirat *News* rovatában megjelent közlemény (Dalton, 2004) jelentette, amelyben szelíden kritikus címe – *Study Starts to Investigate Cause of Mass Extinction 250 Million Years Ago*² – ellenére rendkívül súlyos tényeket jelentetett meg a *Becker*-csoport hipotéziséről és eredményeiről. Ebben szó szerint idézve *Jay Melosh*, a tucsoni Arizonai Egyetem geofizikusa azt állítja, hogy a „*Becker*-csoport összekuszálta a szálakat (muddled the waters) arról, hogy mi történt a Perm–Triász határán”. *Paul Renne*, a Kaliforniai Egyetem, Berkeley geokronológusa, *Melosh* társszerzője a *Nature News* cikkben, nyilatkozatában azt állítja, hogy *Beckerék* dolgozata aláassa szavahihetőségüket a leírt ütközési kráter létezéséről, mert eredményeik nem igazolják az azokból levont következtetéseket. *Renne*, folytatva a *Nature News*-nak tett kijelentéseit, azt állítja, hogy „nagyszámú kutató, aki eredetileg is szkeptikusan fogadta *Beckerék* eredményeit, most már meg van győződve arról, hogy azok tévesek” (Dalton, 2004).

A fentebb említett *Nature News* cikkben a szerző arról is beszámol, hogy a NASA a *Becker*-csoport eredményeinek és elméletének reprodukciós ellenőrzését rendelte el. Ehhez a NASA, a cikk szerint 2004. ok-

tóber elején felkérte *Luann Beckert*, hogy három általuk megbízott független kutatóval együtt gyűjtsön talajmintákat az igénybe vett helyekről (Kína, Japán), és 2005-ben a mintákat ellenőrző elemzésre küldjék el tíz független laboratóriumnak. Az ellenőrzés eredményeinek publikálását 2005 közepére várták. 2003-ban az e dolgozatban felsorolt (Braun et al., 2001; Farley-Mukhopadhyay, 2001; Isozaki, 2001) cikkeket idézve egy geológusokból és geokronológusokból álló kutatócsoport (Kamo et al., 2003) is kétségbe vonta *Beckerék* meteoritütközéses elméletét, a Perm–Triász határán történt kihalást egy gyors szibériai árvízzel együtt járó vulkánkitörésnek tulajdonítva. 2005-ben egy újabb dolgozat (White-Saunders, 2005) megerősítette a magyar–japán csoport (Braun et al., 2001) a világon elsőként már 2001-ben publikált kétkedéseit *Beckerék* elméletéről.

A 2005–2010 közötti időszak

Jelen szerzőt meglepetésként érte, hogy a magyar–japán csoport már 2001-ben leírt kétkedéseire hivatkozva geológusok sora publikált 2005-től kezdődően olyan, a témával kapcsolatos eredményeket és hipotéziseket, amelyekben kételkedtek *Beckerék* fullerének meghatározásával alátámasztott ütközési hipotézisében. Ezek egy része *Beckerék* méréseinek experimentális hiányosságaival, illetve a Perm–Triász határán történt nagy kihalás meteoritütközéstől eltérő okaival foglalkozott.

A teljes témakörrel foglalkozó nemzetközi szakterületi közösség a 2010-ig elért eredményeket látva valószínűleg elérkezettnek vélte az időt ahhoz, hogy a teljes földtörténeti űrtest- (meteorit) ütközéseket, illetve azok hatását átfogóan és átláthatóan egy összefoglaló dolgozatban elemzés tárgyává tegye. 2010 elején egy neves amerikai–osztrák szerzőpáros

² Tanulmány készül a 250 m évvel ezelőtti kihalás okairól.

tollából egy ilyen összefoglaló napvilágot is látott (French – Koeberl, 2010). Ennek a dolgozatnak már maga a címe: *Föld–meteorit ütközési struktúrák meggyőző azonosítása: mi az, ami működik, mi az, ami nem és miért* is sokatmondó. Ebben a szerzők nagy és valóban meggyőző részletességgel számba veszik mindazokat a 2010-ig publikált eredményeket, amelyeket geológusok, geokronológusok, paleontológusok, fiziko-kémikusok és vegyészek a kérdéstről publikáltak. Az összefoglaló dolgozatban a *Más problematikus körülmények* című fejezet Fullerének alcímében a nevezett kérdésről a következőket írják: „*A fullerének önmagukban nem tekinthetők Föld–meteorit vagy ütközéses metamorfikus körülmények független indikátorainak. Fullerének, illetve állítólagosan csillagközi egzotikus izotóparányokat tartalmazó fullerének jelenléte, melyek feltételezeten túléltek az ütközést, nagyon kérdésesnek tekinthetők. Fullerének nem ütközési körülmények között is képződhetnek, a geológiai körülmények közötti megmaradásuk kérdéses*”. Ez a dolgozat is megemlíti, hogy a Becker-csoport méréseit 2010-ig senki nem reprodukálta. Hangsúlyozza: a Perm–Triász határáról Beckerék lelőhelyétől eltérő helyekről (Gartnerkofel, Ausztria és Opal Creek, Kanada) származó talajmintákban nem találtak anomáliás héliumizotóp-arányt. Fullerének légköri nyomáson is képződhetnek magas hőmérsékleten szénből, illetve megfelelő összetételű gázokból, anélkül, hogy képződésükhöz ütközés által okozott nagy nyomásokra vagy lökéshullámokra lenne szükség. Beckerék ennek ismeretében azzal érveltek, hogy az ütközést nemcsak a fullerének, hanem a héliumot magába foglaló endohedrális fullerének jelenléte bizonyítja. Ezzel szemben a hélium szokatlan jelenlétét más kutatók nem erősítették meg. A fullerének legjobban

dokumentált ottlétét kimondottan nem ütközéses geológiai környezetekből mutatták ki, miközben különböző vizsgálatok az ütközésből keletkezett ásványi szerkezetekben ellentmondásos eredményeket mutattak. A fullerének jelenléte és képződése ütközési eseményekben összetett és fontos kérdés, ami további vizsgálatokat igényel. Jelenleg sem a fullerének jelenléte, sem tartalmuk nem használható meteoritütközési események független diagnosztikai indikátoraként (French, 2010).

Az összefoglaló dolgozat szerint „a kutatók, a nagyközönség és a médiában tapasztalt lelkesedés sajnos a meteoritütközési jelenségek helytelen és kérdéses értelmezéséhez vezetett mind azok mechanizmusa, mind az általuk okozott kihalások vonatkozásában. Ezek az értelmezések különböző tévedésekre épülnek: 1. petrográfiai és ásványtani hatások, 2. nem diagnosztiai ütközési effektusok, 3. új és ellenőrizhetetlen jelenségek tekintetbe vétele (például fullerének és héliumizotópok). Ennek eredményeképpen mind a kutatók, mind a nagyközönség torzított képet kapott az ütközések és azoknak a szükséges érveknek a természetéről, amelyek az ütközés megtörténtét meghatározhatják, a meghatározott földi ütközések mechanizmusáról, az ütközési események geológiai jelentőségéről és a nagy ütközési események kapcsolatáról a jelentős biológiai kihalásokkal” (French, 2010).

Személyes véleményszemelvények

Jelen szerző 2010-ben levélben fordult a földtörténetben a geológiai, geokronológiai, meteoritkutatási, földön kívüli közegeből származó ütközési, kihalási események szakterületén világszerte ismert és elismert kutatókhoz, és véleményüket kérte a Becker-csoport fullerénekkel alátámasztott ütközési

hipotéziséről. A következőkben ezekből a levelekből kerül bemutatásra néhány idézet.

Paul B. Wignall a földtörténeti kihalásokat leíró legismertebb monográfia (Hallam – Wignall, 1997) egyik szerzője: „A fullerénekkel alátámasztott ütközéses sztori nagy hír (big story) volt néhány évvel ezelőtt, de most már figyelmen kívülre került a szibériai vulkanizmus javára.”

Richard Firestone egy 2007-ben publikált dolgozat első szerzője: „Az érve, hogy ezek a fullerének a meteorittal érkeztek, nagyon gyenge. Valószínűbb, hogy ezek az ütközés során vagy a meteoritban lévő szénből vagy földi szén elégésből keletkeztek”.

Jay Melosh, a *Nature News*-ban megemlített geológus: „Hosszú ideje skeptikus voltam Luann Becker eredményeivel kapcsolatban.”

Douglas H. Erwin, a Perm korszakbeli extinkciókat (kihalásokat) leíró jelentős monográfia szerzője: „Néhány évvel ezelőtt mi valóban gyűjtöttünk mintákat,³ és azokkal elvégeztünk a *News*-cikkben említett, valamint más vizsgálatokat. Az események során ezek természetesen jóval több időt igényeltek, mint eredetileg gondoltuk. Az ezekből a vizsgálatokból származó, vak mintákra is támaszkodó tanulmány még nem készült el, bár jelenleg a különböző fejezetek már készen vannak. Mint elképzelhető, a számos laboratórium koordinálása sokkal munkaigényesebb volt, mint eredetileg feltételeztük, és volt vizsgálat, melyet el kellett halasztani, mert az egyik laboratórium költözni kényszerült akkor, amikor a minták már rendelkezésre álltak. Reméljük, hogy a kéziratot rövidesen befejezzük, és publikálásra küldjük.”

Michael N. New a *Nature News* cikkben megemlített geológus: „Dr. Frank Kyte és Dr. Doug Erwin vezették annak a csoportnak az

erőfeszítéseit, mely a meisani szelvényből (Kína) származó új mintákat megvizsgálta. Feltételezem, hogy az összes elemzést elvégezték, és a kézirat megjelenés előtt áll. Természetesen egy nagy csoport munkája esetén ezen utolsó lépés meglehetősen időigényes.”

Dieter Heymann fizikokémikus: „Rám akkor sértődtek meg [Beckerék], amikor bíraltam a ⁴He-ot tartalmazó C₆₀-at leíró első cikküket. Rá kellett volna jönniük, hogy az úgynevezett 724-tömegnél jelentkező csúcs tulajdonképpen a ¹³C₆₀-tól származó 722-es volt. Ezt az alapvető hibát még a Science bírálói is elnézték. Rick [Richard] Smalley (Nobel-díjas) még kritikusabb volt, amikor ezt megtévesztésnek nevezte. Ezzel én nem értettem egyet. Meg vagyok győződve arról, hogy Luann, aki a tömegspektrométert kezelte, nem tudta, hogy hogyan kell beállítani a műszert.”

Christian Koeberl geológus, a legújabb összefoglaló dolgozat egyik szerzője: „A személyes véleményem Dr. Becker eredményeiről az, hogy sem a méréseiben, sem azok értelmezésében nem hiszek. Kérdéses, hogy fulleréneket talált-e olyan mintákban is, amikről kiderült, hogy nem származtak a P/T határterületről, és az, hogy eddig senkinek sem sikerült eredményeit reprodukálni.”

David Ross fizikokémikus, egy 2006-ban publikált cikk szerzője: „Beckerék zavarosak abban, amire ők úgy hivatkoznak, mint a He@C₆₀ „stabilitási hőmérséklete”. Azonban, mint azt a cikkemben leírtam, valószínűnek tűnik, hogy a Beckerék által azonosított fullerének nem az űrből érkeztek, hanem (meteorit) ütközésokról keletkeztek.”

Richard N. Zare, fizikokémikus egy 2008-ban publikált cikk egyik szerzője: „Csalódott voltam akkor, amikor (cikkünkben) leírt következtetéseink Luann Becker eredményeiről olyan kevés figyelmet kaptak.”

³ Itt a szerző valószínűleg a Dalton-féle 2004-es *Nature*-cikkben említett mintagyűjtésre utal.

Következtetések

A fentiek ismeretében valószínűnek tűnik, hogy a budapesti magyar–japán csoport (Braun et al., 2001) volt az első, amelyik kétségeit fejezte ki a *Becker*-csoport eredményeivel, illetve fullerénnel bizonyított meteorit-ütközési elméletével kapcsolatban. Az is nyitott kérdés, hogy ez a dolgozat indította-e el azt a kétkedés- és cáfolatávinát, ami 2001 és 2010 között *Beckerék* elméletét és eredményeit teljes mértékben megkérdőjelezte, sőt elvetette.

Az ilyen és ehhez hasonló jelenségek nem ismeretlenek a tudománytörténetben. Elég

itt talán csak a *Fleischmann–Pons*-féle hidegfúziós eredményekre gondolni, amelyek reprodukálási kísérletek sikertelensége nyomán téveseknek bizonyultak, és ezt világszerte felismerték, de itt-ott a világon akadnak olyanok, akik még hisznek benne, bár az eredeti szerzők (*Martin Fleischman és Stanley Pons*) már valószínűleg nem tartoznak ezek közé. *Luann Beckernél* és társainál ez bizonyos mértékben fordítva van, ugyanis a világon senki nem fogadja el hipotézisüket, de ők még mindig hisznek benne.

Kulcsszavak: *földtörténet, kihalások fullerének meteorit, ütközés*

IRODALOM

- Alvarez, Louis W. – Alvarez, W. – Asaro, F. – Michel, H. V. (1980): Extraterrestrial Cause for the Cretaceous–Tertiary Extinction. *Science*. 208, 1095–1108.
- Becker, Luann (2002): Repeated Blows. *Scientific American*. March, 76–83.
- Becker, Luann – Poreda, R. J. – Hunt, A. G. – Bunch, T. E. – Rampino, M. (2001): Impact Event at the Permian–Triassic Boundary: Evidence from Extraterrestrial Noble Gases in Fullerenes, *Science*. 291, 1530.
- Braun Tibor – Osawa, E. – Detre Cs. – Tóth I. (2001): On Some Analytical Aspects of the Determination of Fullerenes in Samples from the Permian/Triassic Boundary Layers. *Chemical Physics Letters*. 348, 361–362.
- Buseck, Peter R. (2002): Geological Fullerenes: Review and Analysis. *Earth and Planetary Science Letters*. 203, 781–792.
- Dalton, Rex (2004): Study Starts to Investigate Cause of Mass Extinction 250 Million Years Ago. *Nature*. 431, 1027.
- Erwin, Douglas H. (1993): *The Great Paleozoic Crisis: Life and Death in the Permian*. Columbia University Press, New York
- Farley, Kenneth A. – Mukhopadhyay, Sujoy (2001): An Extraterrestrial Impact at the Permian–Triassic Boundary? *Science*. 293, 2343. • <http://www.sciencemag.org/content/293/5539/2343.full?sid=2c5ebba1-62c2-410c-b515-a0a1a9b82d2b>
- French, Bevan M. – Koeberl, Christian (2010): The Convincing Identification of Terrestrial Meteorite Impact Structures: What Works, What Doesn't, and Why. *Earth-Science Reviews*. 98, 1–2, 123–170.
- Hallam, Anthony – Wignall, Paul B. (1997): *Mass Extinctions and Their Aftermath*. Oxford University Press, Oxford <http://books.google.hu/>
- Isozaki, Yukio (2001): Technical Comments. Response to Farley, Kenneth A. – Mukhopadhyay, Sujoy: An Extraterrestrial Impact at the Permian–Triassic Boundary? *Science*. 293, 2343a. • <http://www.sciencemag.org/content/293/5539/2343.full?sid=arc2b50-819d-4db7-ac1d-90f63ed6b1dc>
- Kamo, Sandra L. – Czamanske, G. K. – Amelin, Y. – Fedorenko, V. A. – Davis, D. W. – Tirofimo, V. R. (2003): Rapid Eruption of Siberian Flood-Volcanic Rocks and Evidence for Coincidence with the Permian–Triassic Boundary and Mass Extinction at 251Ma. *Earth Planetary Science Letters*. 214, 75–91. • <http://bit54.dhpc.ttu.edu/extinction/kamo+alo3.pdf>
- Mészáros Ernő (2001): *A Föld rövid története. Múlt, jelen, jövő*. Vince, Budapest
- Osawa, Eji (1970): [cím nélkül] *Kagaku* (Kioto). 25, 854–863. (japánul)
- White, Rosalind V. – Saunders, Andrew D. (2003): Volcanism, Impact and Mass Extinctions: Incredible or Credible Coincidences? Original Research Article. *Lithos*. 79, 3–4, 299–316.