

Quaternary Science Reviews

(2016. január)

FÉLREHATÁROZTÁK AUSZTRÁLIA KIHALT MADARAINAK TOJÁSAIT

Ausztrália ma is nevezetes egyedülálló állatvilágáról. Régebben sem volt ez másképp, a miocén és pliocén korokban például egy hatalmas madaraktól álló csoportnak, a mennydörgő madaraknak, vagy óriás emuknak is nevezett Dromornithidae-knak volt hazája a kontinens. Ebbe a családba tartozott a lenyűgöző méretű, 450 kg-os *Dromornis stirtoni*, a bolygónkon valaha élt legnagyobb madár. Az óriás madarak körülbelül 8 millió évvel ezelőtt éltek, de a legutolsó túlélő rokon fajuk még az elmúlt 100 ezer évben, a pleisztocénben is előfordult. Ez utóbbi volt a *Genyornis newtoni*, ami ugyan már csak 250 kg-os volt, de még mindig mintegy hatszor olyan nehéz, mint a ma élő emu. Ezt a fajt a jégkorszaki ún. megafaunához sorolták, melynek tagjai az emberek megérkezése után haltak ki.

Ausztrália-szerte számos lelőhelyen találnak rendszeresen a homokdűnékből erodálódott fosszilis tojánhéjakat. Az 1980-as évek elején az egyik tojánhéj típusról, amely olyan vastag, mint az emu tojánhéja, de mégis különbözött attól, azt gondolták, hogy a *Genyornis* tojását találták meg. Kimutatták, hogy mind az emu, mind a *Genyornis* tojánhéjak gyakoriak voltak az ősmaradvány anyagban a 300 ezer és 100 ezer évvel ezelőtti időintervallumban. Körülbelül 45–50 ezer évvel ezelőtt azonban egyszer csak, Ausztrália teljes területén hirtelen eltűntek a *Genyornis*-héjak, miközben az emutojások héjai folyamatosan mind a mai napig előfordulnak. Az ausztrál megafauna tagjai közül így a *Genyornis* kihalása lett a legjobban datált, de az egész világon is az időben legpontosabban meghatározott esetek közé tartozott.

A közelmúltban azonban a Dél-Ausztráliai Múzeumban rekonstruáltak egy tojást, ami váratlan problémát okozott a történetben. Már az is gyanús volt, hogy a *Genyornis*nak tulajdonított tojás méretei (126 mm x 97 mm) körülbelül megegyeznek egy emutojáséval. Ez háromszor-négyszer kisebb, mint amit a *Genyornis* madár méretei alapján feltételezhetnénk. Még a legkisebb moa is nagyobb tojást rak, míg a hasonló méretű óriásmoa, a *Dinornis robustus* jóval nagyobb tojással rendelkezik (240 mm x 178 mm).

A Flinders Egyetem kutatói ezután megvizsgálták a *Genyornis* tojánhéjának a szerkezetét, és összehasonlították számos szárnyassal, valamint olyan több millió éves fosszilis

tojáshéjakkal, amelyek korábbi Dromornis-fajoktól származtak. A most publikált tanulmányban a kutatók kimutatták, hogy a feltételezett *Genyornis*-héjak határozottan különböznek az idősebb Dromornithidae-héjaktól, és inkább az ásótyúkfélék (*Megapodiidae*) néven ismert szárazföldi szárnyasokhoz hasonlítottak. Az ásótyúk egyedülálló csoportot alkotnak, amelyek külső hőt vesznek segítségül a tojásaik kiköltéséhez. Halomköltő tyúkoknak is nevezik őket, mivel sok fajuk dombot épít, némelyikük kifejezetten nagyot: szélessége elérheti a 10 métert, míg a magassága 3–5 méter is lehet. A bennük komposztálódó növények szolgáltatják a hőt a tojások kiköltéséhez (ektoterm költés). Más ásótyúk meleg talajt használnak a vulkáni területeken, vagy meleg homokot a homokdűnéken.

A talegallytyúk (*Alectura lathami*) jól ismert Ausztrália keleti részén, míg a csoport másik tagja a szárazabb belső területeken előforduló homoki ásótyúk (*Leipoa ocellata*). Mindkettő Ausztrália legnagyobb mai madarai közé tartozik (2–2,5 kg). Ez azonban igen kicsinek számít a fosszilis rokon fajokkal összehasonlítva. A Progura nemzetség két faja valószínűleg elérte az 5-6 kilogrammot is. A Progura-fajoknál hiányzott a kisebb ásótyúkfélékre jellemző specializált beásó alkalmazkodás, de ezekre is jellemző volt az ektoterm költés, az egész országban nagy kiterjedésű homokdűnék forró homokja révén. Az ausztrál kutatók szerint a sokáig *Genyornis*-nak tekintett tojánhéjak ezeknek a kihalt óriás ásótyúkoknak az eddig ismeretlen tojásai voltak. Ez elegánsan megmagyarázza azt is, hogy miért olyan gyakoriak ezek a héjtöredékek a homokdűnéken.

Hogy mikor és miért halt ki a *Genyornis*, az most újra megválaszolandó kérdés. A *Genyornis*-t ezek után csak a csontmaradványok képviselik, amelyek két lelőhely kivételével igen ritkák (Callabonna-tó, Dél-Ausztrália északi részén, és Cuddie Springs Új-Dél-Wales északi részén). Az ásótyúk viszonylag nagy tojásai és a tény, hogy beásták a tojásaikat, arra utalhat, hogy a teljes korábbi elterjedési területükön (Melanézia, Polinézia, Ausztrália) sok fajuk halhatott ki a vadászat és a tojásaik összeszedése miatt. Nem váratlan és nem meglepő, hogy a legnagyobb ismert ásótyúk viszonylag gyorsan kihaltak az ember érkezése után.



(2015. február 2.)

PULZÁLÓ GLECSEREK

A globális klímaváltozás egyik leg nagyobb veszélye a gleccserek olvadása. Ahhoz, hogy megtudjuk, hogyan változ-

hat a tengerszint a jövőben, elengedhetetlen a gleccserek viselkedésének megismerése. *Jon Ove Hagen* (Osloí Egyetem) már öt évvel ezelőtt megerősítette, hogy az Északi-sarkvidék kisebb gleccsereinek olvadása ugyanolyan fontos a tengerszint emelkedése szempontjából, mint a grönlandi jégtakaróé. Márpedig az arktiszi olvadás egyre drámaibb. A norvég parti örség egyik jégtörője legutóbbi (téli) missziója alkalmával olyat tapasztalt, amit eddig még nem: nem volt mit törni. Az a kevés, amit láttak és megvizsgáltak, idején volt, holott normális körülmények között az új jég több éves tengeri jéghez fagy hozzá. A műholdas megfigyelések is azt mutatják, hogy amióta megfigyelik a sarkvidéki tengeri jég kiterjedését (1979), még sosem volt ilyen csekély, mint a mostani tél folyamán. A Spitzbergákat, nagyjából 1300 kilométerre az Északi-sarktól, telente tengeri jég veszi körül, normális esetben csak nyáron közelíthető meg átlagos hajóval. Becslések szerint 2015 három nyári hónapja alatt a Spitzbergák gleccserei óránként (!) négy és fél millió köbméter vizet vesztek. Ugyanakkor a norvég kutatócsoport alaposabban is tanulmányozott egy gleccsertípust, mely egészen másként viselkedik, mint a többi. Ezek a jégárok akár 50–100 évig is nyugalomban maradhatnak (vagyis átlagosan viselkednek), aztán néhány év alatt példátlan sebességgel nyomulnak előre. Ezt követően ismét visszahúzódnak és állapotuk stabilizálódik. A Spitzbergák gleccsereinek mintegy húsz százaléka ilyen pulzáló gleccser, míg globálisan csak a jégárok 1 százaléka sorolható ebbe a típusba. Az Alpok, vagy Norvégia gleccserei például egyáltalán nem mutatnak ilyen viselkedést, Alaszká, Izland, vagy az Antarktisz gleccserei között azonban akad néhány.

De milyen a normálisan viselkedő gleccser? Legtöbbjük egy átlagos nyári napon néhány métert nyomul előre, és ha eléri a tengert, borjadzik, vagyis kisebb-nagyobb blokkok válnak le róla. Ebben nincs semmi különös, a gleccserek így szabadulnak meg a firmedencéjükben a leहुlló csapadék hatására keletkező jégtől. Az ilyen gleccserek napjainkban egyre gyorsabban húzódnak vissza. A Kongsbreen gleccser például az utóbbi 30 évben 5 kilométert hátrált, vagyis évi átlagban mintegy 166 métert. A pulzáló gleccserek egyik mintapéldájának, a Nathorstbreennek a frontja 2009 és 2011 között 20 kilométerrel nyomult előre, ami napi átlagban 20 méternek felel meg. Az átlagos gleccserek mozgása nagyjából egyenletes, mivel a jégútánpótlásuk is az. A pulzáló gleccserek viszont nem képesek elég gyorsan mozogni ahhoz, hogy a feleslegüktől megszabaduljanak. Ilyenkor a jéggyűjtő területeken hosszú éveken át felhalmozódik a jéggé váló hó és abban a régióban több tíz méterrel is megvastagszik a gleccs-

cser. E nyomás hatására viszont előbb-utóbb gyorsabb mozgásra kényszerül és megszalad, bár a gleccser jégtömege ettől nem változik. A Nathorstbreen vastagsága 200–400 méter, szélessége 5–6 kilométer. A gyors mozgás kiváltója a gleccserjég és az alapkőzet között keletkező olvadákvíz.

Bizonyos szempontból kétféle jeget különböztetnek meg. Az egyik a „hideg” jég, melynek hőmérséklete állandóan 0 Celsius-fok alatt van, és a sűrűsége az alapkőzettel olyan nagy, hogy csak lassan mozog. A „meleg” gleccserek jégének hőmérséklete ezzel szemben közel van az olvadásponthoz, és amikor a gleccserjég alatt olvadákvíz keletkezik, a gleccser gyorsabban kezd mozogni. Amikor a gleccser megvastagszik, nő a nyomás a jégben és némileg emelkedik a hőmérséklete. A vastag gleccserek alján ez oda vezet, hogy a jég olvadásnak indul, vagyis a pulzáló gleccserek titka az, hogy felülről növekszik a nyomás. Az olvadákvíz pedig, mint valami csúszópálya, elősegíti a gleccser mozgását. Ha viszont elfogy alóla az olvadákvíz, a mozgása lelassul. Amikor a gleccserek éppen gyorsan mozognak, szinte lehetetlen őket a helyszínen kutatni, ugyanis tele vannak veszélyes, mély hasadékokkal. Valami különös szerencse folytán a kutatóknak mégis sikerült öt GPS-szenzort elhelyezniük a Spitzbergák egyik szigetén, az Austfonna gleccseren, bár csak később derült ki róla, hogy pulzáló gleccserről van szó. A szenzorok a gleccserfronttól 5–20 kilométeres távolságban lettek telepítve. A gleccser 2009-ben kezdett megszaladni, és sebessége minden nyáron tovább nőtt. 2012-ben érte el sebessége csúcspontját, leggyorsabban mozgó részét napi 20 métert nyomultak előre, miközben a felszínén tíz méter széles hasadékok is keletkeztek. Ez a gleccser normál állapotában évente két és fél köbkméter jégtől szabadult meg, most viszont rövid időre ez a mennyiség megháromszorozódott. Jelenleg tucatnál is több pulzáló gleccsert monitoroznak a Spitzbergákon. Egyesek előrenyomulnak, mások visszahúzódó fázisban vannak. Sajnos a szigetcsoporthoz nagyon kevés az időjárás-megfigyelő állomásos száma, így elég keveset tudnak az egyes vidékek csapadékviszonyairól, ami pedig nagyban befolyásolja a jégképződést és a jégárak mozgását.



(2016. január 22.)

AZ EMBER MINT FÖLDTANI TÉNYEZŐ

Évente 13 gigatonna beton, 35 milliárd tonna szén-dioxid-kibocsátás, 500 millió tonna műanyag: az ember nyoma a Földön

olyan méreteket öltött, amelyek a természetes geológiai folyamatokat teljesen háttérbe szorítják. Mind a földtani tudományokban, mind a humán és a kulturális tudományokban az elmúlt években népszerűvé vált egy fogalom, amellyel kifejezhető az ember, mint döntő tényező a Föld történetében. Ez a fogalom az antropocén.

Az elnevezésnek sok rajongója, ugyanakkor ellenfele is van. Ha a rajongóinak sikerül felülkerekedniük, a földtörténetbe még ebben az évben új korszak lenne elnevezhető. A földtörténeti korszakok elnevezéséért felelős Nemzetközi Rétegtani Bizottság (ICS) augusztusban Fokvárosban ülésezik, s ez alkalom lehetőséget adna arra, hogy hivatalosan is megállapítást nyerjen, hogy a mérsékelt interglaciális időszak, a holocén kor, amely 11 700 éve jellemzi a földtörténetet, már mögöttünk van.

A szükséges adatok összegyűjtése érdekében az ICS 2009-ben létrehozott egy munkacsoportot, amelyben világszerte közel 40 kutató foglalkozott az antropocén korról. Földtudósok mellett biológusok és társadalomtudósok is a munkacsoport tagjai voltak. Sőt egy ügyvéd is képviseltette magát a jogi következmények megítélésére. Január elején a munkacsoport a figyelem középpontjába került, amikor a Science folyóiratban egy publikációban amellel foglalt állást, hogy a holocén kort legkésőbb az 1950-es évekkel zárják le, s az utána következő időszakot nevezzék el antropocén kornak.

A munkacsoport geológus tagja, Michael Wagreich, csakúgy mint a csoport többsége, az antropocén bevezetésének támogatója. Érvei között szerepel például, hogy a Földön egy négyzetméteres területen egy kilogramm beton épült; az ember évente annyi épületanyagot mozgat meg, amennyi a folyók hordalékátartalma; biológusok szerint a hatodik tömeges kihalásában vagyunk.

Ezek olyan nagyságrendek, amelyek részben egyenlők a természet nagyságrendjeivel, de gyakran felül is múlják azt. Mint például a nitrogén esetében. A műtrágyák miatt a nitrogénmennyiség megháromszorozódott. Ehhez jönnek még az úgynevezett techno-kövek, mint az alumínium és a műanyag. Hogy az antropocén kor kezdetét a XX. század közepére kellene tenni, annak azonban más oka is van, mégpedig az atombombák. A hidegháború idején végzett nagyszámú vizsgálatok miatt a mesterséges radioaktív izotópok az 1950-es évek óta világszerte elterjedtek, és kimutathatók az üledékekben, jégben és a biomasszában egyaránt. Ezért jellemezhető ez az időszak az antropocén korszak kezdetét.

Az ember hatása a bolygóra vitathatatlan. De kell emiatt új korszakot elnevezni? Wagreich számokkal érvel, miért indokolt új földtörténeti korszak elnevezése.

Sok paraméter, mint például a szén-dioxid, a hőmérséklet, a nitrogén és a metán esetében az ember tevékenységének köszönhetően a holocén kor ingadozása sávján kívül vagyunk, ebben az értelemben már új korszakban.

Az antropocén körüli vita háttérében az a kérdés áll, hogy mikortól kell az új korszakot bevezetni. A geológiában erre vonatkozólag nincsenek egyértelmű iránymutatások. Míg a korábbi korszakokat, mint a kréta, a triász vagy a kambrium főként az őslénytan motíválta, addig a negyedidőszakot és a benne foglalt holocén kort elsősorban klimatikus feltételek jellemzik.

Az a tény, hogy az antropocén kifejezés az éghajlatváltozásról szóló viták középpontjába került, sőt rendszeresen politikai vitákban jelenik meg, a geológusok körében is rossz érzést kelt. Ez pedig a rétegtani bizottsági határozatára is hatással lehet.

Jürgen Reitner negyedkor-kutató geológus elfogadja az antropocén kifejezést mint informális megnevezést, de mindenképpen az ellen van, hogy földtörténeti korszakot nevezzenek el róla. Azzal érvel, hogy a geológusoknak megvannak a szabványai a korszakok nevét illetően, amit meg is szeretnének tartani. Véleménye szerint egyrészt túl korai lenne az antropocén elnevezés bevezetése, másrészt túlzottan emberközpontú. Ha ugyanis az elkövetkezendő években egy nagy meteorit a Földnek csapódik, vagy más globális természeti katasztrófa következik be, az természetesen meghatározó esemény lenne. Ha azonban az antropocén elnevezés már most bevezetésre kerül, az azt sugallja, hogy a jövőben is az ember lesz a döntő tényező.

Mivel az antropocén elnevezés túlságosan az emberre, mint *Homo sapiens*re fekteti a hangsúlyt, előnytelenebb tartja a kifejezést. A környezetpusztítás témában a megfelelő elnevezés megtalálásakor a gazdasági rendszert és a technika szerepét is figyelembe kellene venni. Időközben a poszt-antropocén kifejezés is felmerült egy olyan korszak elnevezésére, amelyben egykor az ember volt a bolygó legjellemzőbb élőlénye, de az az emberfeletti kiborgok vagy más szuperintelligens lények háttérbe szorítottak.

Mindegy azonban, hogy pre-, vagy poszt-antropocén, a kifejezés nem csak a geológiában jelent új perspektívát. Az embert geológiai tényezőnek tekinteni azt is jelenti, hogy nem a természettől elválasztva értjük. Ez teszi a fogalmat olyan vonzóvá a környezetvédők számára. Azt remélik ezzel, hogy az ember leáll a természet pusztításával, ha a természet részének tekinti magát.