

AZ ÓSLÉNYTAN LEGUJABB EREDMÉNYEI IV.

A KIHALÁS PROBLÉMÁJA

MCNOSTORI Miklós

1.) Evolúció és kihalás.

Az élővilág evolúcióját nyomon követve azt tapasztalhatjuk, hogy az élővilág egyes csoportjai - többé-kevésbé meghatározott földtörténeti időponthoz kötve - eltűntek a Földről és többé képviselőikkal nem találkozhatunk a később képződött kőzetekben. Az egyes állatcsoportok kihalása nem rendkívüli jelenség, az élővilág - mint ahogyan egész anyagi világunk - a keletkezés és pusztulás dinamikáján, dialektikáján keresztül létezik, fejlődik. A kihalást itt speciálisan arra a jelenségkörre fogjuk szűkíteni, mikor egy meghatározott élőlénycsoport utódok nélkül tűnik el, az új alakok felé átmenetet adó u.n. filetikus kihalástól eltekintünk.

Különösen felkeltették a kutatók figyelmét az u.n. "nagy kihalások". A földtörténet egyes viszonylagosan rövid szakaszaiban feltűnően nagy a kihaló taxonok száma; az élővilágban ugrásszerű átalakulások mentek végbe.

A kihalás jelensége a paleontológiai vizsgálatok kezdeteitől ismert. A fixista (teremtéselvű) szemléletbe e tény nehezen volt beilleszthető, így vezethetett nevetségessé váló rekreációs (többszörös ujrateremtési) elméletekhez. Ugyanakkor az evolúció, az élővilág fokozatos fejlődésének hívei közt voltak, akik magát a kihalás tényét vonták kétségbe, hiányos ismereteinkből fakadó látszólagos jelenségnek tekintették. (Valóban léteznek is olyan - egykor kihaltak vélt - állatcsoportok, melyek képviselőit később megtalálták, de ezek inkább a kivételek sorába tartoznak.)

Ma már aligha lehet kételkedni abban, hogy a kihalás az élővilág fejlődésének a többitől elválaszthatatlan, fontos része.

2.) A kihalást magyarázó elméletek.

2.1.) Belső törvényszerűségeket abszolutizáló elméletek.

A kihalást magyarázó elméletek egy részére jellemző bizonyos fokú miszticizmus. Ezek az elméletek az élővilágot többnyire a külső körülményektől függetlenül fejlődő, kizárólagosan saját belső törvényszerűségeinek engedel-

meskedő objektumnak tekintik. Az élővilágot szinte szuperorganizmusként fogják fel. Kezdetben valamilyen titokzatos "életerő" kimerülését tették felelőssé a kihalásért. A neves szovjet geokémikus, VERNADSKIJ azon feltételezése, hogy a bioszféra tömege a földtörténet során konstans volt, egyes kutatókat arra a következtetésre vezette, hogy új fajok csak akkor keletkezhetnek, ha régiek kihalnak. A kihalás oka az élővilág egészében megnyilvánuló "belső parancs". Így a kihalás az evolúció céljából történik.

2.2.) Külső tényezőket előtérbe helyező elméletek.

Az elméleteknek jóval nagyobb csoportja magyarázza a kihalást külső, az élővilágtól független tényezők eredményeként. Ezek az elméletek materialisták, ami azonban egyaránt magába foglalhat a valóságnak megfelelő (igaz), és meg nem felelő (hamis) elméleteket.

2.2.1.) Kozmikus tényezőkön alapuló elméletek.

Ezeknek az elméleteknek szerzői az u.n. nagy kihalások (tömeges kihalások) kérdésével foglalkoznak, elválasztva azokat a földtörténet során állandóan jelentkező, időben elszórt kihalásoktól. Erősen hangsúlyozott az események katasztrófa jellege.

Nagyon sokféle Földön kívüli hatást tettek már felelőssé a nagy kihalásokért. Kozmikus test becsapódása, az árapály szélsőséges változásai és a fényviszonyok változásai is említhetők ezek közt, az utóbbi években azonban azok az elméletek voltak a legjelentősebbek, melyek az élőlényekre káros, külső eredetű sugárzás szokatlan megnövekedésére alapultak.

A geológiai-geofizikai vizsgálatok során ismertté vált, hogy a Föld mágneses tere a földtörténet során gyorsan változott, gyakori mágneses pólusváltásokkal, ami a földi mágneses tér időleges nullpontjait (megszűnését) okozta. Ennek következménye a Földet védő ózonburok sérülése és a földfelszínen erős ibolyántúli és kozmikus sugárzás lehetett. Pontosabb számítások (WADDINGTON, 1967) kimutatták, hogy az ilyen módon keletkező sugárzás-többlet elenyésző a meglévő alapsugárzás-érték mellett. A térváltások és a faunaváltások időben nem egyeztethetők, ráadásul eltérések vannak a szárazföldön és tengerben bekövetkezett kihalások időpontjai között (SIMPSON, 1968; MAYR, 1970; RAUP, STANLEY, 1971). Az elmélet hívei ujabban a mágneses tér közvetlen élettani hatásának kérdését is felvetik (FOSTER, 1976).

A másik kozmikus elmélet a nagy kihalások esetében szupernova kitörések sugárzását tekinti okként. Valószínűségszámítási alapon mutatták ki, hogy a nagy kihalások időbeni távolsága megfelel a kellő közelségű kozmikus katasztrófák valószínűségének. A sugárzás mellett a légkör egyensúlyi zavara klímatis

katasztrófát is okozhatott (TERRY, 1968; RUSSEL, TUCKER, 1971). A növények és állatok nagy kihalásának időbeli eltérését, valamint a fauna selektív kihalását eltérő ellenállóképességükkel magyarázzák. Nincs azonban magyarázatuk arra, hogy a nagyon rövid szupernova hatás hogyan okozhatott hosszú, geológiailag mérhető időtartamu kihalási folyamatot. Elfeledkeznek arról is, hogy a kihalás az egész földtörténet folyamán jelen volt, nem szükséges hozzá ennyire drasztikus külső beavatkozás (SIMPSON, 1968). Újabb vizsgálatok arra utalnak, hogy a légköri védő hatás csökkenése is vitatható mértékű, eddig figyelmen kívül hagyott fizikai és kémiai folyamatok miatt (REID, 1976). Különösen a kréta végi (65 millió évvel ezelőtti) nagy kihalást igyekeztek ilyen szupernova kitöréshez kapcsolni, de erre az időre tehető szupernova-kitörés maradványait nem sikerült felfedezni (TUCKER, FELDMAN, 1976).

HSÜ (1980) kozmikus test (asteroida) becsapódásából vezeti le a kréta végi kihalást. A kozmikus test által szállított ciánvegyületek a tengerben a plankton tömeges pusztulását okozták, a becsapódás okozta felmelegedés a szárazföldön vezetett kihalásokhoz, a keltett por viszont később a klíma erős lehülését okozta. Megmagyarázatlan marad, hogy ezek a drasztikus hatások miért nem érintették az ugyanazon élőhelyen élő szervezetek egész sorát.

Összegzésül elmondhatjuk: nincs rá kellő alap, hogy a nagy kihalásokban döntő szerepet tulajdonítsunk különféle kozmikus hatásoknak. Nem állíthatjuk azonban azt, hogy a kozmikus hatások egyáltalán nem érvényesültek és érvényesülnek az evolúció és ennek során a kihalások menetében.

2.2.2.) Földi tényezőkön alapuló elméletek.

Rendkívül sok olyan elméletet ismerünk, mely a nagy kihalásokat földi okok miatt bekövetkezett környezeti változásokkal magyarázza. Ezek között szerepelnek nagymérvű földkéregmozgások, tengerszintváltozás, klímaváltozás, az óceánok sótartalmának megváltozása, a légkör gázösszetételének megváltozása, földi radioaktív elemek és egyéb elemek mennyiségének változása.

Vannak biológiai magyarázatok is (járvány, tápanyaghiány, konkurrencia), melyek a kihaló csoportok szempontjából szintén külső tényezőként tekinthetők.

Nézzünk néhány példát:

FRÖHLICH (1977) szerint a földi radioaktív elemek felszabadulása geológiailag aktív időszakokban előidézője lehet későbbi kihalásoknak.

FISCHER (1964) a perm végi kihalást epikontinentális tengervíz-bepárlódással magyarázta, mely következtében az óceáni mély vizek tulsóssá, a feletük lévő víz kissé kiédesedetté vált, ezért halt ki sok stenohalin (normális óceáni sótartalmat igénylő) forma. Elméletét a nagy sóüledék-képződésre alapítja.

McALESTER (1970) összefüggést lát az egyes állatcsoportok oxigénfogyasztása és kihalási sebessége közt. Ebből arra következtet, hogy a kihalásban döntő (és szelektáló) szerepe volt a légköri oxigéntartalom változásának, ezért jelentkezik egyidejűen a szárazföldi és vízi állatok kihalása sok esetben.

DAVITASVILI (1969) a darwini létért folyó harc elméletére alapozva a kihalás fő okaként az ún. "biológiai nyomást", a konkurrens és ellenségek tökéletesedését jelöli meg.

Mint a kozmikus hipotézisekre, ezekre is jellemző az egytényezős modell. Szerzőik egyetlen okot keresnek általában a kihalásra. A nagy kihalások esetében azonban számos olyan állatcsoport halt ki, melyek sehogyan se férnek be egyetlen környezeti tényező hatáskörébe. Nem arról van szó, hogy eleve elvehetjük e tényezők befolyásoló jellegét, csak arról, hogy egyetlen egytényezős elmélet sem biztosít megfelelő magyarázatot a nagy kihalások bonyolult jelenségeire.

2.3.) Több tényező kölcsönhatását feltételező elméletek.

Az elméleti őslénytani ismeretek fejlődése és az evolúciós biológiai ismeretek fejlődése nyilvánvalóvá tette, hogy a kihalás jelensége - mint az evolúciós folyamat része - nem vizsgálható az élővilág fejlődési összefüggéseiből kiragadva.

A földtörténet során több nagy kihalási szakaszt ismerünk. Közülük viszonylag kevésbé ismert az ordovicium és devon végén jelentkező. Az egyes szerzők szerint (JOHNSON, 1974; BOUCOT, 1975) jellemző volt a tenger maximális kiterjedtsége idején jelentkező hirtelen és rövid időtartamu tengersizintcsökkenés, mely során az az üledékképződés megszakadása alig vagy nem észlelhető. Ehhez az ordovicium végén még eljegesedés hatása is hozzáadódott. A tengersizint radikális változása olyan körülményeket idézett elő, melyek lehetetlenné tették a fokozatos alkalmazkodást, a régebben alkalmazkodott együttesek elvándorlását, csökkentette a populációs méreteket, növelte a csoportok közti konkurrenciát.

Hasonlatos volt ezekhez a perm végén kimutatható - jóval nagyobb mértékű, így közismertebb - kihalás is. Itt a kihalásban szerepet tulajdonítanak a zátony-környezet teljes eltűnésének a kihalás idején (BOUCOT, 1975). A tengersizintcsökkenéssel járó területcsökkenés az ökológiai egyensúly-elmélet szerint is a perm-triász határon történt kihalás egyik oka, mert a terület-méret és az azokat elfoglaló taxonok száma közt szoros összefüggés van (SIMBERLOFF,

1974). A szárazföldi gerinces fauna kihalási maximuma nem a perm-triász határra esik, mint a tengeri gerincteleneké, hanem azt megelőzi és jóval gyengébb. A tengeri gerincesek kihalása a tengeri gerinctelenekével összhangba hozható (PITRAT, 1973).

Ezen elméletek szerint tehát a nagy kihalások egy része annak következménye, hogy az élőlények számos csoportja számára a speciális alkalmazkodást elősegítő környezet tartós uralma közben hirtelen, rövid romlás következik be a környezeti viszonyokban. A nagy kihalás így komplex biológiai-anorgánikus természeti kapcsolatok függvényében magyarázható.

Legközismertebb az a nagy kihalás, mely a kréta végén zajlott le. Ez nagyon sok állatcsoportot érintett, szárazföldi gerinceseket, tengeri gerinceseket és gerincteleneket egyaránt. A tengeri gerinctelenek közt kihalt a sekélyvizi bentoszra és a pelagikus planktonra egyaránt. A kihalás erősen szelektív volt, ugyanazon környezetben egyes formák, csoportok kihaltak, míg mások töretlen fejlődést mutatnak.

Egyes szerzők különösen nagy szerepet tulajdonítanak itt is a tengersizintváltásoknak és a klíma romlásának (WORSLEY, 1971; BOUCOT, 1975; COOPER, 1977).

A kréta végi tektonikus nyugalom idején erősen csökkent a szárazföldről a tengerbe szállított anyagmennyiség is, ami az óceáni plankton tápanyaghiányát okozhatta. A plankton hirtelen csökkenéséhez hozzájárult az óceánok differenciálatlansága, áramlások hiánya, így a mély vizekből sem pótlódhatott a felső vizrétegek tápanyagvesztése (BRAMLETTE, 1965a, 1965b; NEWELL, 1965). A plankton növényzet csökkenése a tápláléklánc megbomlását és egy sor konzumens (bizonyos plankton foraminiferák, ammonitesek, belemnitesek) kihalását elősegítette.

A kréta végi regresszió az előzőekben tárgyaltakhoz hasonlóan extrém gyors és erős volt, számítások szerint tizszer gyorsabb is lehetett az átlagos értéknél. Mindazok a jelenségek, melyeket a paleozóikumi nagy kihalásokról az előzőekben említettünk, itt is érvényesülhettek (COOPER, 1977).

A szárazföldi klíma lehülése és kontinentális jellegűvé válása összefüggésben lehetett a fitoplankton csökkenésével is, mely befolyásolhatta az atmoszféra összetételét. A szárazföldi környezeti fülkék beszűkültek, az egyes formák közötti verseny nőtt. A növénytakaró átalakulása megváltoztatta a táplálékkészleteket. A regresszió miatt sok szárazföldi izoláció megszűnt, ami új versenyt okozott (COOPER, 1977).

SLOAN (1976) észak-amerikai vizsgálatok alapján kétségbe vonja a dinoszauruszok katasztrófa jellegű kihalását a kréta végén. A kihalás úgy következett be e területen, hogy a nedves szubtrópusi-meleg mérsékeltövi zárvatermő dominanciájú erdőt fokozatosan fenyőben gazdag hidegebb mérsékeltövi erdő váltotta

fel, miközben a Triceratops-faunát fokozatos dominanciaváltással Protongulatum-Stygimis (emlős) fauna váltotta fel.

Az itt példaként bemutatott néhány elmélet már összefüggéseiben igyekszik megragadni a jelenségeket. Egyes szerzők már világosan felismerik, hogy a nagy kihalások nem különleges okok következményei, hanem ugyanazoknak a belső és külső tényezőknek következményei, melyek a szokásos méretekben állandóan jelentkező kihalásokat előidéznek. A különbséget ezen hatások extrém nagysága, egybeesése és gyorsasága okozza (COOPER, 1977).

3.) Problémák

A felsorolt komplex elméletek, bármennyire jó megközelítésnek tűnnek, a konkrét élőlény-csoportok vizsgálata esetében mindig számos megoldatlan kérdést vetnek fel.

Egyik az, hogy a kihalás nagyságának megítélése függ attól, milyen taxonómiai szinten vizsgáljuk. A törzstől a genusig haladva a maximális kihalási periódusok eltérő képet mutatnak. Ezért VALENTINE (1974) szerint legfontosabb a fajszinten történő változások vizsgálata lenne, mert a fajok az evolúció elsődleges elemei.

Második fontos kérdés, hogyan szabályozzák az élőlények genetikai jellegei a kihalást. Stabil környezet egyes kutatók szerint a genetikai változékonysági készség elvesztéséhez vezet. A környezet stabilitása és instabilitása különféle korrelációban állhat a populáció genetikai változatosságával. BRETSKY és LORENZ (1970) elméleti alapon kimutatták, hogy a kihalás valószínűsége legnagyobb a stabil környezeti viszonyok instabillá válásakor, különösen ha gyorsan lezajló jelenségről van szó. SCHOPF és GOOCH (1972) néhány 1000-2000 m-es vízmélységben élő alak vizsgálata alapján tagadja a genetikai változékonyság-csökkenés szerepét. E fontos kérdés eldöntésére azonban aligha lehet alkalmas egyetlen vizsgálat, mivel keveset tudunk a mélyvizi faunák fejlődéséről, nem tudjuk, hogy a vizsgált stabil környezet földtörténetileg hosszú ideig stabil volt-e, és a vizsgált alakok ezalatt ott éltek-e?

Nem kételkedik a kihalás genetikus tényezőkön keresztül való érvényrejutásában MAYR (1970), RAUP és STANLEY (1971), JABLOKOV és JUSZUFOV (1976), IVANOVSKIJ (1976). Arra utalva, hogy a kihalások nem ökológiai, hanem taxonómiai csoportokat érintettek, az ökológiai adaptációnak RAUP és STANLEY kevés szerepet tulajdonít művében. GABUNJA (1969, 1971) ezzel szemben bizonyos formák kihalását az inadaptív fejlődésnek tulajdonítja (gyors, de tökéletlen alkalmazkodás), mely később nem tud konkurrálni a lassabb, de tökéletesebben történt adaptív környezeti alkalmazkodással.

A harmadik fontos probléma a tengerszintingadozások hatása a faunában. Sikertelenül kimutatni, hogy a miocén végén a Mediterrán tenger - valószínűleg világ-

méretű eusztatikus tengerszintesökkenés miatt - elvált az Atlanti óceántól és kiédesedő vagy bepárlódó lagunákra szakadt, hatalmas evaporittömegek kicsapódásával. A tengerszintingadozás gyorsan többször megismétlődött, az összeköttetés ideiglenes helyreállításával, ami lehetővé tette újabb viz és sómennyiség beáramlását. A vizsgálatok jelenlegi állása arra utal, hogy a teljes mediterrán fauna kipusztult és a kapcsolat végleges helyreállása után a pliocénben népesült be újra a terület. E valóban mélyreható változás nem okozott feltűnő kihalást a faunában (a bevándorló pliocén alakok a miocén faunákkal azonos jellegű faunaként tértek vissza). Ez volt az oka annak, hogy erre a nagy földtörténeti eseményre csak ilyen későn figyeltek fel (BENSON, 1976; CITA, 1976; ADAMS, 1976). Ezek a tények arra figyelmeztetnek minket, hogy a hirtelen tengerszintingadozások, regressziók sem idézhetnek elő mindig és egymagukban nagy kihalásokat. Konkrét állatcsoport, a dinoszaurosok kréta végi kihalását vizsgálva VOSS-FOUCART (1971) sorra kimutatja, hogy valamennyi - különféle szerzők által említett - külső környezeti és belső fejlődési tényező esetében megállapítható, hogy csak a változatos fauna egy részére gyakorolhatott hatást. Ezért jut arra a következtetésre, hogy a csoport kihalása bonyolult folyamat, nagyon sok tényező kölcsönhatásának következménye.

RAUP (1978) szerint a családok és rendek kihalása az evolúció elkerülhetetlen és természetes eredménye. Alapját a fajok kihalása adja, mely többnyire kapcsolatban van szerveződésük bizonyos közös vonásaival, de vannak olyan kihalások is, melyek nem a közös - magas kategóriára jellemző - vonásokból erednek, hanem egymástól független faj-kihalások kummulációjából. Nem a kihalás, hanem a hosszú élettartam a rendkívüli !

4.) Következtetések

A.) A kihalás az élővilág fejlődési folyamatának természetes része, attól elválaszthatatlan, a földtörténet egész folyamán jelentkezik.

B.) A kihalás nem függetleníthető a genetikus sajátosságoktól és azok változásaitól.

C.) A kihalásban lényeges szerepet játszik a környezeti viszonyok alakulása, különösen azok hirtelen változásai.

D.) Lényeges szerepe van a kihalásban a populációs méreteknek, az izoláció mértékének és ezek változásainak. Ez az összefüggés a körülményektől függően többirányú lehet (BOUCOT, 1975).

E.) Ez utóbbiakkal kapcsolatban nagy jelentőségűek a tektonikai és egyéb hatásokra bekövetkező tengerszintingadozások és kontinensmozgások.

F.) Fontos szerepet játszhatott a klíma, a táplálékviszonyok alakulása, a konkurrens és ellenségek megjelenése, és az élő és élettelen környezet nagyon sok egyéb tényezője, különösen azok radikális változásai.

G.) A kihalás magasabb taxon szinten általában egy földtörténetileg is mérhető folyamat záró akkordja, melyet areális és taxonómiai beszűkülés (az alakok számának és elterjedési területük csökkenése) előz meg.

H.) A "nagy kihalások" nem jelentenek alapvető eltérést, az élővilágra kedvezőtlen tényezők különösen egybeeső megjelenése idézi elő azokat.

I.) Minden csoportnál, minden taxonómiai szinten külön meg kell vizsgálni kihalásuk okait, nincs értelme generális okok keresésének (ez nem zárja ki természetesen bizonyos taxonoknál az okok részleges vagy akár teljes egybeesését).

J.) A kihalás éppen olyan összetett, anyagilag determinált és dialektikusan megnyilvánuló jelenség, mint a szerves élet fejlődésének minden jelensége.

IRODALOM - REFERENCES

- ADAMS, Ch.G.: Larger foraminifera and the Late Cenozoic history of the Mediterranean region. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 20., 1976, pp. 47-66.
- BENSON, R.H.: Testing the Messinian salinity crisis biodynamically: an introduction. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 20, 1976, pp. 3-11.
- BENSON, R.H.: Changes in the ostracodes of the Mediterranean with the Messinian salinity crisis. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 20, 1976, pp. 147-170.
- BOUCOT, A.: *Evolution and Extinction Rate Controls*. Elsevier, Amsterdam, 1975, pp. 1-427.
- BRAMLETTE, M.N.: Massive extinctions in biota at the end of Mesozoic time. *Science*, 148, 1965, pp. 1696-1699.
- BRAMLETTE, M.N.: Mass extinctions of Mesozoic biota. *Science*, 150, 1965, p. 1240.
- BRETSKY, P.W.; LORENZ, D.M.: An essay on genetic-adaptive strategies and mass extinctions. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 81, 1970, pp. 2449-2456.
- CITA, M.B.: Biodynamic effects of the Messinian salinity crisis on the evolution of planktonic foraminifera in the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 20, 1976, pp. 23-42.
- COOPER, M.R.: Eustacy during the Cretaceous: its implications and importance. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 22, 1977, pp. 1-60.
- DAVITASVILI, L.S.: *Pricsinü vümiranyija organizmov*. Nauka, Moskva, 1969, pp. 1-440.
- FISCHER, A.G.: Brackish oceans as the cause of the Permo-Triassic marine faunal crisis. In: Nairn, A.E.M. (ed.): *Problems in Paleoclimatology*. J. Wiley and Sons Inc., New York, 1964, pp. 566-579.
- FOSTER, J.: Cretaceous-Tertiary extinctions and possible terrestrial and extraterrestrial causes. *Syllogus*, No.12, Ottawa, 1976, pp. 1-162.

- FRÖHLICH, K.: Bemerkungen zur Faunenincisionen und ihren möglichen physikalischen Ursachen. Freiburger Forschungshefte, C, 326, 1977, pp. 71-72.
- GABUNIJÁ, L. K.: Vümíranyije drevnyih reptilij i mlekopitajuscsh. Mecniereba, Tbiliszi, 1969, pp. 1-233.
- GABUNIJÁ, L. K.: Inadaptivnaja evoljucija kak adno iz vazsnyejsih obscsih uszlovij vümíranyija mlekopitajuscsh. Trudü Paleont. In-ta ANSzSzSzR, 130, 1971, pp. 32-38.
- HORVÁTH, J.: A mozgás szaktudományos és filozófiai feltárásának egysége és különbözősége. ELTE TTK Filozófiai Tanszéke, Budapest, 1973, pp. 1-144.
- HSÜ, K.: Terrestrial catastrophe caused by cometary impact at the end of Cretaceous. Nature, 285, No. 5762, 1980, pp. 201-203.
- IVANOVSKIJ, I. A. B.: Paleontologija i teorija evoljucii. Nauka, Novoszibirszk, 1976, pp. 1-78.
- JABLOKOV, A. V.; JUSZUFOV, A. G.: Evoljucionnoe ucsenyie. Vüzsaja skola, Moszkva, 1976, pp. 1-335.
- JOHNSON, J. G.: Extinction of perched faunas. Geology, 2, 1974, pp. 479-482.
- MAYR, E.: Populations, Species, and Evolution. Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 1970.
- McALESTER, A. L.: Animal extinctions, oxygen consumption, and atmospheric history. Journal of Paleontol., 44, 1970, pp. 405-409.
- NEWELL, N. D.: Mass extinctions at the end of the Cretaceous period. Science, 149, 1965, pp. 922-924.
- PITRAT, Ch. W.: Vertebrates and the Permo-Triassic extinction. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 14, 1973, pp. 249-264.
- RAUP, D. M.; STANLEY, S. M.: Principles of Paleontology. Freeman and Co., San Francisco, 1971.
- RAUP, D. M.: Approaches to the extinction problem. Journal of Paleontol., 52, 1978, pp. 517-523.
- REID, J.: lásd Cretaceous-Tertiary...

- RUSSEL, D.; TUCKER, W.: Supernovae and the extinction of the dinosaurs. Nature, 229, No. 5286, 1971, pp. 553-554.
- SCHOPF, T.J.; GOOCH, J.L.: A natural experiment to test the hypothesis that loss of genetic variability was responsible for mass extinctions of the fossil record. Journ. Geol., 80, 1972, pp. 481-483.
- SIMBERLOFF, D.S.: Permo-Triassic extinctions: effects of area on biotic equilibrium. Journ. Geol., 82, 1974, pp. 267-274.
- SIMPSON, G.G.: Evolutionary effects of cosmic radiation. Science, 162, 1968, pp. 140-141.
- SLOAN, R.E.: The ecology of dinosaur extinction. In: Athlon Essays on Palaeontology in Honour of Loris Shano Russel, Royal Ontario Museum, 1976, pp. 134-154.
- SZIGETVÁRI, S.: Az élő anyag megismerésének filozófiai problémái. ELTE TTK Filozófiai Tanszéke, Budapest, 1973, pp. 105-146.
- TERRY, K.D.: Biologic effects of supernovae. Science, 159, 1968, pp. 421-423.
- TUCKER, W.; FELDMAN, P.: lásd Cretaceous-Tertiary...
- VALENTINE, J.W.: Temporal bias in extinctions among taxonomic categories. Journal of Paleontol., 48, 1974, pp. 549-552.
- VOSS-FOUCART, M.F.: Est-il possible d'expliquer l'extinction des dinosaures à la fin du Crétacé. Natur. Belg., 52, 1971, pp. 101-108.
- WADDINGTON, C.J.: Paleomagnetic field reversals and cosmic radiation, Science, 158, 1967, pp. 913-915.
- WORSLEY, T.R.: Terminal Cretaceous events. Nature, 230, No. 5292, 1971, pp. 318-320.