

Könyvszemle

SIPOS JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

LEVEGŐT!

Mészáros Ernő akadémikus évről évre rendületlenül írja könyveit („ki tiltja meg, hogy elmondjam...”), amelyek közérthetően foglalkoznak a bolygónk természetét érintő legfontosabb kérdésekkel. Új könyve a Föld légkörének kialakulásáról, változásairól szól. Történeti műhöz képest szokatlan módon *in medias res* a könyv első fejezete a Föld jelenkori légkörének összetételét tárgyalja, összehasonlítva a Naprendszer többi bolygójával. Nemcsak megadja az egyes gázok koncentrációit – bár önmagában ez is nagyon érdekes, tekintve a bolygók közötti óriási különbségeket –, hanem a földi légkör összetevőinek a James Lovelock-féle Gaia-elmélet keretében értelmezett „funkcióját” is ismerteti. Ez a funkcionális, elsősorban az élet feltételeit szem előtt tartó értelmezés egyben megadja a keretet a további fejezetekhez. Az egyes komponensek – például a nyomást szabályzó nitrogén, a légzést lehetővé tévő oxigén, az éghajlatot szabályozó szén-dioxid vagy a védelmet nyújtó ózon – egyrészt más-más folyamatok révén kerültek a levegőbe, másrészt forrásaik és nyelőik intenzitása a Föld története során változott. A könyv további fejezetei azt az izgalmas történetet mesélik el, hogyan képződtek ezek a földi élet számára nélkülözhetetlen komponensek, miként változott koncentrációjuk, hogyan alakult ki az a „különleges gázkeverék”, amelyet levegőnek nevezünk.

A történetet a lehető legmesszebről kezdjük, az ősrobbanással. Egy rövid fejezet összefoglalja, amit jelenleg tudunk (vélünk?) az elemek képződéséről az ősrobbanásban, majd azt követően a csillagok kohóiban. A csillagközi molekulák és por alkotóinak rövid ismertetésével pedig eljutunk a Naprendszer képződéséhez. A gáz- és porkorongból kialakuló bolygók létrejöttének szinte regényes leírása továbbvezeti az olvasót az ősi Földre és annak primitív légköréig, ami egyáltalán nem hasonlított a maihoz: víz, metán, szén-monoxid, ammónia, hidrogén alkothatta. Ez azonban nem sokáig maradt így, a korai légkört a napszél elsodorta. Innen válik igazán érdekessé a történet, hiszen az újonnan képződő légkör már a Föld anyagának differenciációja, a vasmag és a szilikátköpeny kialakulásának következménye. A könyv remekül rávilágít a geológiai és légkörkémi folyamatok összefüggéseire. Bizonyára sok olvasónak jelent majd újdonságot például az a tény, hogy a Föld szilikátos köpenyében lejátszódó reakciók eredményezték a légköri nitrogén és szén-dioxid megjelenését, sőt valószínűleg a felszíni és lég-

köri víz jelenlétét is. Ahogy az egész könyvet, ezt a részt is áthatja egy kettős szemlélet: bár elsősorban a légkörről van szó, Mészáros Ernőt alighanem ugyanilyen intenzitással foglalkoztatja, hogyan játszottak össze egymástól független tényezők a Föld „finomhangolásában” úgy, hogy azon megjelenhessen az élet. Így ebben a részben a levegőn kívül fontos téma a Hold képződése és hatása a Föld tengelyferdeségére és ezáltal éghajlatára, a Föld mágneses terének kialakulása, és a „hideg-Nap-paradoxon” feloldása. Olykor egymással versengő elméletekkel ismerkedünk, hiszen a Föld első néhány tízmillió évének története csak közvetett geokémiai adatokra és modellekre épül.

A további vezérmotívum az oxigén koncentrációjának növekedése a légkörben és ezzel párhuzamosan a földi élet alakulása. Az első sejtek képződésére vonatkozó elméletek ismertetése után a fotoszintézis módjairól, majd a cianobaktériumok mintegy 3,5 milliárd évvel ezelőtti megjelenésével az oxigéntermelő fotoszintézis beindulásáról olvashatunk. A folyamat apránként teljesen megváltoztatta az óceán, majd a légkör redox állapotát: az eredetileg redukált állapotú óceánvíz kb. 2,3 milliárd éve részben oxidatívra vált, és oxigén kezdett a légkörbe jutni. Emellett fontos a szén-dioxid változása is: az első négy milliárd év során légköri koncentrációja folyamatosan csökkent, egyrészt a karbonátos kőzetek képződése, másrészt a fotoszintézis miatt. Alighanem ez is közrejátszott a bolygó történetének első eljegesedéseiben. Az evolúció további alakulását az oxigén és az ózon légköri koncentrációja együttesen befolyásolta. A nagy oxidációs esemény az óceánt a légzés számára alkalmas környezetté alakította, ezzel elindítva az eukarióták, majd többsejtűek térhódítását, majd a kambriumtól kezdve (540 millió éve) a szilárdvázú élőlények elterjedését. Körülbelül ugyanekkor a légköri ózon elérhette mai koncentrációját (a mai oxigénkoncentráció 10%-ánál), így mintegy 100 millió évvel később a szárazföldeken is megjelenhettek a növények, majd az állatok. A légkör jelen állapota gyakorlatilag 300 millió éve már kialakult, és benne az oxigén 21%-os aránya egyensúlyi értéknek tekinthető. Ezzel együtt a szén-dioxid nyomanyaggá vált, amelynek koncentrációját külső hatások – mint a vulkáni működés és a kőzetek mállásának intenzitása (azaz végeredményben a lemeztektonika) – jelentősen befolyásolnak, drámai éghajlatváltozásokat, ezzel együtt tömeges kihalási eseményeket eredményezve.

Mészáros külön fejezetet szentel a kainozoikumnak (az utolsó 65 millió év), hangsúlyozva, hogy a légköri gázok körforgalmát a bioszféra szabályozza, és ezzel kialakul a Gaia-elmélet önszabályozó rendszere. A jelen felé haladva egyre több adattal rendelkezünk, és ez tükröződik az egyre részletgazdagabb elemzésekből, amelyek az éghajlatváltozások mértékét, ütemét taglalják, eljutva egészen a napjainkban zajló, jól ismert folyamatokig. E fejezetek naprakész irodalmi hivatkozásai, precíz megfogalmazásai elárulják a légkörkémius író, akárcsak a történeti részt követő, a légkör fő összetevőinek anyagmérlegéről szóló fejezet. Ebben az oxigén, nitrogén és nemesgázok (és részben a szén) mérlegéről van

szó, és a nem szakember számára az egyik legérdekesebb szemszögből mutatja meg a levegő összetevőit, bemutatva jelenlegi forrásait, nyelőiket, tartózkodási idejüket a légkörben, bioszférában, óceánban. Ahogy a napjainkban zajló éghajlatváltozás esetében, itt is nyilvánvalóak az emberi tevékenység bolygó léptékű hatásai. A könyvet egy összefoglaló fejezet zárja, amelynek különlegessége, hogy nemcsak a jövő, hanem más galaxisok felé is kitekint, a légkör és élet kapcsolatait kutatva az exobolygók légkörével kapcsolatos legújabb ismereteket is felvillantja.

Mészáros Ernő rendkívül nehéz feladatot oldott meg, hiszen több tudományterület (olykor vitatott) ismereteit ötvözte a teljes történet megírásához (a földtudomány különféle ágain túl a biológiából is jócskán merített). Elképzelhető, hogy egy-egy szűkebb terület szakértője helyenként talál az írásban kritizálható megfogalmazást vagy elavultnak tekinthető tételt, ez azonban elkerülhetetlen egy szerteágazó ismereteket szintetizáló, rövidre szabott műben. Mészáros szikár, sallangmentes stílusban, rövid mondatokkal és néhány gondosan választott ábrával, táblázattal sikeresen végigkalauzolja az olvasót a légkör és vele együtt a Föld történetén. Nagy szükség van ilyen művekre, mivel a földtörténeti ismeretek alapvetően hiányoznak a közvélekedés által „általános műveltségnek” tekintett ismeretanyagból! A könyv nagy erénye, hogy széles olvasóközönséghez szól, mindenkire, akit érdekel a földtörténet, izgatja az élet eredete, feltételeinek kialakulása, vagy csak tudni szeretné, miért épp az a bizonyos néhány gáz alkotja a levegőnket.

(Mészáros Ernő: A földi légkör története. Az atomoktól a különleges gázkeverékig. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2018, 142 o.)

Pósfai Mihály

az MTA tagja