

AEROSZOLFELHŐ A KÜRIL-SZIGETEKRŐL

A Szaricsev vulkán egyes hatásai a sztratoszférára és a troposzférára

A vulkán szétrobbant

A Kuril-szigetek Kamcsatka félsziget íves meghosszabításában, attól délnyugatra fekvő szigetláncot alkotnak, közigazgatásilag Oroszországhoz tartoznak. A Szaricsev nevű tűzhányó az elmúlt húsz év folyamán először és éppen akkor tört ki (szétrobbant), amikor fölötté elhaladt a Nemzetközi Űrállomás. Az űrhajósok érthető izgalommal vették kezükbe a fényképezőgépet és örökítették meg a legdrámaibb földtudományi eseményt, amelyet valaha is a világűrben készítettek. A páratlan fényképfelvételek értékét csak növeli az a tény, hogy a heves vulkánkitörésnek egy korai állapotát sikerült elcsípní.

A tűzhányó 2009. június 12-én olyan erővel tört ki, hogy a felhőgomolyag átütötte a troposzférát. A barna színű kitörési felhő az Altocumulus leplen kör alakú lyukat vágott. Felső részén fehér jégkristály-felhő keletkezett. Ez a sima felületű buborékfelleg a ropant erővel fölfelé taszított légtömeg kicsapódásából származik, ami alakját és kialakulását illetően egészen hasonlít a Cumulonimbus calvus és a Cumulus congestus tetején képződő pileus felhőjárdulékhoz.

Szinpompás napnyugták

A Szaricsev vulkán aeroszolfelhőjét kontinensünkön először június 29-én Franciaország fölött látták. Az égbolt fürkészei számára a legkomolyabb ellenfél, mint mindig, ezúttal is az időjárás volt. Nem feltételezhetjük, hogy a vulkanikus eredetű felhőnek öt napra volt szüksége ahhoz, hogy a Kárpát-medence területéről is észlelhetővé váljon. Az első megfigyelések mindenesetre július 4-én születtek Magyarországról – valószínűleg azért, mert akkor tették lehetővé az időjárási körülmények.



Július 8-án Nagyszalonta égbolta is tisztulni kezdett a zavaró troposzférikus felhőktől. Gyenge hidegfrontot követően 18:30–18:55 GMT között (az időpontokat a továbbiakban is greenwichi közép-időben adom meg) a nyugat-északnyugati égbolt alján jókora felhőrés nyílt. Az Ac és As felhők alatt 10–20 fok magasságban (a magunk előtt nyújtott karral mért egy arasz 20 fokkal egyenlő), 60 fok szélességben teljesen kiderült az ég. Ott egymással nagyjából párhuzamos, vékony, itt-ott enyhén hullámos, ezüstösen fénylő vékony felhő látszott a szinte csaknem teljesen fekete frontfelhőzet szőnyege fölött. Teljesen egyértelmű volt, hogy a világos fényű, selymes felhő a sztratoszférában lebegett. (Időnként ugyan gyengén szemerkélt az eső, de a megfigyelést egyáltalán nem zavarta.) 18:50-kor a vulkanikus felhő felsőbb része enyhén sárgás, majd bíborlila szineződést mutatott, de hamarosan eltakarták az Ac és As felhők, így a további részletek rejtve maradtak.

Másnap, július 9-én reggel a látóhatártól már 25 foknyira magasán járó Nap környékén ezüstös színű, egyenes, párhuzamos helyzetű vékony szálak, csíkok, sávok világítottak 50–60 foknyi hosszúságban. Ez a felhő észak-északkelet - dél-délnyugat irányban konvergált (összefutni látszott). Központi csil-

lagunkat ugyanekkor 60 fok átmérőjű fehéres fénykoszorú övezte, melynek külső peremén barnássárga karikát, a Bishop-gyűrűt, a vulkanikus felhők ismert kísérőjelenését lehetett felismerni. (E tünevény – amelyet először a Krakatau vulkán kitörése nyomán figyelt meg Bishop tiszteletes 1882-ben – a vulkanikus port alkotó szilárd részecskéken létrejövő fényvisszaverődés, azaz diffrakció révén keletkezik.) Órákon keresztül lehetett észlelni, míg fokozatosan elenyészett, ám végleg még délben sem tűnt el egészen.

Legközelebb július 12-én biztosított lehetőséget újabb észlelésre az időjárás. Akkor viszont igen tiszta volt az égbolt. 18:30-kor sárgásfehér színű cérnavékony fonalak és vastagabb sávok legyezőszerű felhője húzódott délnyugattól egészen északig – ezt a felhőt a látóhatár vonalától mintegy 60 fok magasságig tudtam követni. (Megjegyzem: troposzférikus felhő hiányában egyetlen lehetőségként marad a Szaricsev aeroszolfátyla.) 18:45-kor e felhőlepel feltűnően élénk bíborlila színben tündöklött, annyira erőteljesen, hogy a felszíni tereptárgyak északnyugatnak forduló oldalát képes volt megvilágítani. Az ég alul élénk narancssárga színben fénylett.

Minden egyes észlelésem ismeretése túlságosan hosszú lenne, nem is lehet célom, így hát ettől eltekintek. Viszont két érdekesebb megfigyelés még említést érdemel.

Kora délutáni légkörtisztító zivart követően augusztus 7-én este ideális körülmények nyíltak a sztratoszférikus aeroszolfelhő vizsgálatára. 18:10-kor az égbolt északnyugati felén áradt szét az élénk citromsárga fény, ami 18:15-re az ég aljára húzódva zsugorodott, a helyét 60 fok magasságig bíborlila szín foglalta el, melynek szélessége

ugyanekkora méretű volt. 18:20-ra ez a fény is összetöppedt, ellenben legalul egy széles sávban hihetetlenül erősen vöröslött az égbolt, mintha lángolt volna.

Minden korábbinál csodálatosabb, óriási, bíborlila fénybura magasodott északnyugati irányban augusztus 19-én este annak köszönhetően, hogy a napközben fújó élénk északi szél a Jeges-tengerről származó tiszta levegővel töltötte meg a környezetet. A színpompa 17:50-kor kezdődött, 17:53-kor érte el látványa csúcspontját (a lilás fénybura 60 fok magas és 80 fok széles volt), majd 17:56-kor ért véget.

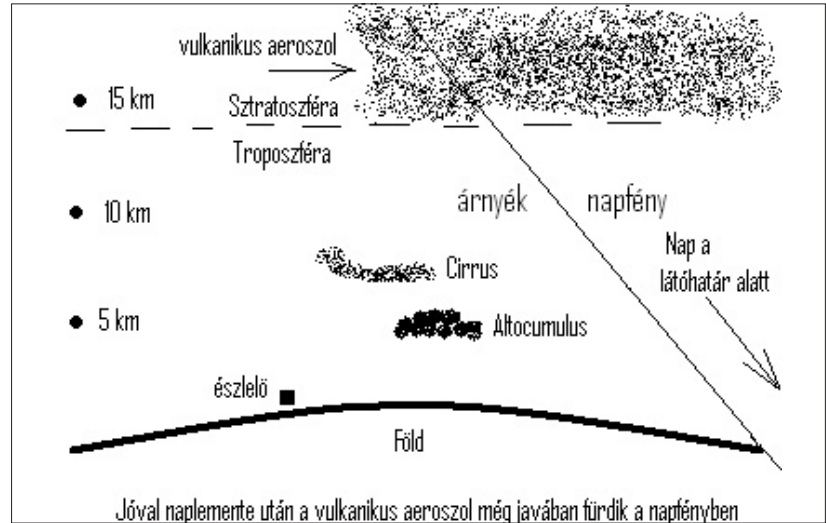
Nagyszalontáról utoljára szeptember 26-án, 16:40-kor látszott a vulkanikus felhőlepel, a korábbiakhoz képest lényegesen kisebb terjedélemmel és fakóbb színekkel.

A Heves megyei Mezőtárkányból készült színes fényképfelvétel tanúsága szerint október 6-a tekinthető az utolsó alkalomnak, amikor a Szaricsev vulkán aeroszolfelhője a Kárpát-medence területéről még egyértelműen látszhatott.

A fent említett különböző színek mindig megfelelő sorrendben mutatkoznak. Először, még napnyugta előtt jelenik meg a szálas, sávós, ezüstös, opálos felhő, amely a Nap leereszkedése után is jól felismerhető. 35–45 perccel a naplementét követően az égbolt nyugati irányban, középmagasan bíborlila színben tündökölt. Ugyanekkor, alul élénk citrom- és narancssárga színű az ég, kicsit később, legalul égővörös színben lángol. Hajnalban ugyanezek a színek bukkannak fel, csak fordított idő- és sorrendben.

Vulkanikus aeroszolfelhő a sztratoszférában

A sztratoszféra ideális légköri közeget jelent egy vulkánkitörés felhőjének, hogy az egy szélesebb sáv mentén behálózza a Földet. Ehhez viszont az szükséges, hogy a vulkanikus aeroszolnak a sarkvidékek



fölött legalább 10–15 km, az egyenlítő fölött pedig legkevesebb 30 km magasba kell jutnia. Intenzív sugárzási, dinamikai és vegyi folyamatok zajlanak benne, amelyek vízszintes irányban sokkal gyorsabban elkeverik a gáz halmazállapotú anyagokat, mint a troposzférában, ahol erre függőlegesen van lehetőség. A szélviharok a sztratoszféra alsó rétegeiben igen erőteljesek, a szél sebessége elérheti az óránkénti 300–350 km-es értéket. Mintegy 20 km alpmagasságban találjuk az ózonréteget, amely 90 százalékban elnyeli a szoláris eredetű ibolyántúli sugarakat, ezáltal fölfelé fokozatosan és igen jelentősen megnövekszik a hőmérséklet, ami egészen a mezoszféráig, mintegy 50 km magasságig tart.

A magaslégköri ózonegyensúly vizsgálatára az ESA (European Space Agency, azaz Európai Űrügynökség) által korábban földköri pályára helyezett GOME-2 (Global Ozone Monitoring Experiment) nevű űrszonda mérései szerint a Szaricsev tűzhányóból kidobódott, elsősorban igen finom szemcsézettségű törmelékanyagból és kén-dioxidból álló felhő egy része a kitérést követően kelet felé vette útját Alaszka és Kanada felé, s az Atlanti-óceánon át 13 nap alatt elérte Európát, a másik része az előbb említett felhővel ellentétes irányba, nyugat felé sodródott, így

hozzánk Ázsián keresztül jutott el. Közép-Európa fölé az aeroszolfelhő 12 km, 15 km, 18 km és 22 km magassági szinteken érkezett, derül ki a németországi Hohenpeissenberg Observatórium lézer-radarjával végzett megfigyelési anyagból. Wolfgang Steinbrecht és Ulf Köhler mérései megerősítik a GOME-2 észlelését: a 12–18 km közötti felhőrétegek nyugatról, a 22 km-es szinten levő pedig keletről érkezett fölénk. Valamennyi felhőréteg külön-külön körbevándorolta a Földet. Ezeket az adatokat érdemes összevetni három másik vulkánéval. A Washington állambeli St. Helens vulkán felhője 1980. májusában 15–18 km magasságban nyugatról keleti irányban kerülte meg bolygónkat, a mexikói El Chichón vulkáné viszont 1982. áprilisában 19–26 km magasságban keletről nyugati irányban, akárcsak a Fülöp-szigeteki Pinatubo vulkán felhője, amely 1991. júniusában 30 km magasságban terjedt szét keletről nyugatra. Úgy tűnik, mintha az ózonréteg közelében és afölött a sztratoszférikus szél iránya ellentétesé válna az alatta levő rétegek légmozgásának irányához képest.

A heidelbergi Max Planck Magfizikai Intézet kutatói léggömbön elhelyezett tömeg-színkép-elemzővel derítették fel a magaslégköri aeroszol-keletkezés mechanizmusát, mint arról az Umschau

folyóirat 1982-ben tudósított. Eszerint a vulkanikus eredetű aeroszol-felhők általában kétharmadrészben kénsavat, egyharmadrészben vízgőzből álló kondenzációs magvak felhőit tartalmaznak. Ezek összetömörülő molekulái a sztratoszféra 12–30 km közötti magasságában mindig jelenlevő szabad ionokra települnek. Velük először többionos komplex molekulákat, azaz ionhalmozakat alkotnak, majd ezeken, mint kondenzációs magvakon csapódik le a túltelített magaslégköri kénsavgőz. Ez az ún. ionmagképződési folyamat nyáron már 20 km-es légköri szint alatt is végbemegy.

A Szaricsev hatása az alsólégkörre

Körülbelül egy-, esetleg (csak becslések állnak rendelkezésünkre) kétmillió tonna vulkanikus anyag került a sztratoszférába, ahol a

magasabb földrajzi szélességeken összefüggő, de korántsem egyenletes eloszlású, diffúz felhőréteget alkotott bolygónk körül. Mint ismeretes, a sztratoszféra alsó szintjét képező ozonoszféra fő alkotóelemét, a háromatomos ózont a kén-dioxid lebontja, melynek során egy oxigénion és egy kétatomos oxigén keletkezik. Elképzelhető, hogy a Szaricsev aeroszolfelhőjét bőven tartalmazó kén-dioxid valamelyest roncsolhatta az ozonoszférát, hiszen 22 km-ig jutott fel, ahol az ózontartalom a legsűrűbb. A vulkán porfátyla ahhoz már nem elegendő, hogy mérhető csökkenést okozna a földfelszín közelében mért hőmérsékleti értékekben, ám ahhoz igen, hogy hónapokon át látványossá tegye a napnyugtákat s a napkeltéket, és különleges felhőket varázsoljon az égboltra.

Kósa-Kiss Attila

Felhasznált szakirodalom

- Bluth, G. J. S. et al.: Global tracking of the SO₂ clouds from the June 1991 Mount Pinatubo eruptions. *Geophys. Res. Lett.*, 19, 151-154, 1992
- McClelland, L., D. Lescinsky and M. Sloboda (eds.), Smithsonian Institution, Bulletin of the Global Volcanism Network. Vol. 16(9), 11-14, 1991
- Hédervári Péter: Vervörösen kelt. Magyarország, 1974/31
- Kósa-Kiss Attila: Vulkanikus eredetű porfátyol. *Légkör*, 2009/1
- Robock, A.: Volcanic eruptions and climate. *Reviews of Geophysics*, 38, 191-219, 2000
- Thomas Trickl (Forschungszentrum Karlsruhe, Deutschland), személyes közlés
- A világhálón böngészők számára pedig:
www.spaceweather.com/sunsets/gallery_sar_ychevpeak_2009.htm
www.meteoros.de/Fotogalerie_Volkanaeros_ole.pdf

KISLEXIKON

[Cikkeinkben csillag jelzi azokat a kifejezéseket, amelyeket a kislexikonban szerepelnek]

fenológia (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) A biológiai rendszerek (első sorban növények) olyan peridodikus változásának kutatásával foglalkozó tudomány, amelynek alapja az éghajlat és az évszakok változékonysága. A fenológia feljegyzi egy növény valamennyi fejlődési fázisának időpontját a keléstől a terméshozatalig, és ezzel igyekszik összefüggést találni a növény fejlődése és a klímaérzékenység között.

biohőmérséklet (ABT) (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) A növényi zónák kialakulására és jellemzésére L. R. Holdridge által 1947-ben bevezetett index. Értéke a 0 Celsius-fok fölötti hőmérsékleti értékkel esik egybe. Holdridge feltételezése szerint a növényi zónák nem a tengerszint feletti magasság függvényében jönnek létre, hanem a biohőmérséklet értékének megfelelően.

évi potenciális evapotranszpirációs arány (APETR) (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) A Holdridge által felépített növényi zónák jellemzésére használt párolgási mutatószám.

liziméteres mérés (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) Olyan párolgásmérő

berendezés, ami együtt képes regisztrálni a talaj és a növényzet párolgását.

flops (floating point operation per second), azaz másodpercenként elvégzett "lebegőpontos" aritmetikai művelet (összeadás vagy kivonás) (Zsótér E.: *Az ECMWF, dolgozói szemmel*) Egy számítógép "műveleti sebességét", azaz számítási gyorsaságát jellemző mérőszám. A szavak forrása arra utal, hogy a gép külön kezel a számok nagyságrendjét (karakterisztika), és a nagyságrend előtt álló számértékeket (mantissza). (A nem lebegőpontos, hanem fixpontos műveletek esetén nem különül el a karakterisztika és a mantissza.) A számítógépek műveleti sebességének növekedését az alábbi táblázat is igazolhatja:

számítási sebesség	A másodpercenként elvégzett aritmetikai műveletek száma
megaflop	10 ⁶
gigaflop	10 ⁹
teraflop	10 ¹²
petaflop	10 ¹⁵
exaflop	10 ¹⁸
zettaflop	10 ²¹
yottaflop	10 ²⁴

összeállította: Gyuró György