

LANDY-GYEBNÁR MÓNICA

# Érdekes légköri jelenségek a sarkvidékeken

## Első rész

Mára már gyakorlatilag bárki számára elérhetővé váltak a sarkvidékek, modern közlekedési- és navigációs eszközök segítségével. Meghódításuk idején azonban a felfedezők a megfigyeléseikre, tudásukra és gyakorlati tapasztalataikra, vagy sok esetben csak a megérzéseikre tudtak hagyatkozni, gyakran olyan körülmények között, amiket ma elképzelni is nehezen tudunk. Heteket, hónapokat kellett hajózni járatlan vizeken, esetleg csak pontatlan vagy nem is létező térképek segítségével navigálva. A fennmaradt hajónaplók, útinaplók, visszaemlékezések sok érdekességet elárulnak a körülményekről! Leginkább gazdasági haszon reményében indultak ezek az expedíciók, de mindegyik adott a tudomány számára is értékes információt. Az adott kor szellemének, tudásának megfelelő mérések, mintavételezések, állat- és növényvilágot érintő megfigyelések mind a felfedezők, az expedíciókkal utazó tudósok precizitását és kitértetését igénylő feladatok voltak. Emellett a beszámolók számos érdekes légköri jelenségről is tanúskodnak. Ezek némelyike segítette a tájékozódást, míg mások ezzel ellenkezőleg hatottak, sok pedig egyszerűen a szépségével fogta meg az utazókat.

### Jégblink, vízég, ködfalak – a tájékozódást segítő jelenségek

A sarkvidékek időjárása gyakran felhős, az alacsony szintű rétegfelhőzet, a köd sokszor heteken át kísérte a felfedezők, hajósok útját. A folyamatosan változó és mozgó jégtakaró, főként a nyári hónapokban, mindig kérdésessé tették, merre lehet továbbhajózni. Bizonyos távolságba persze elláthattak az árbóckosárból, ám igazán messzire nem. A jó döntésen a hajó épsége, a tengerészek, felfedezők élete múlt. Honnan lehetett tudni, hogy érdemes-e egy adott irányt tartani a hajónak, vagy épp valamire elkanyarodni, sokszor a veszélyes, sodródó, feltorló jégtáblák közt keresni az utat?



Vízég – a sötét vízfelület feletti ég sötét árnyalatot ölt  
(Mike Brandon felvétele, forrás: Wikipedia)

Az alacsony szintű felhőzet alján látható a megoldást. A nyílt vízfelület sötétebb a jégmezőnél, róla nem verődik vissza annyi fény, mint a jégről. Ha a jég megnyílt, és nagyobb – hajózásra már alkalmas méretű – jégmentes tengerszakasz volt a távolban, a felette levő felhőzet alja is sötétebb volt a környező felhőzetnél. Ezt a jelenséget a hajósok vízégnek (angolul water-sky) hívják.

Ahol a jégtakaró borította a tengert, illetve a szárazulatot, ott világos lett a felhőzet alja, visszatükrözve a jeges-havas felszín fehérségét. Ezt hívják jégblinknek (angolul ice blink). E felhő-jelek az árbóckosárból már beláthatatlan, sok-sok kilométernyi távolságban is megmutatták, merre lehet járható tengeri út, vagy hol ütköznek áthatolhatatlan jégmezőbe. „Ha egyenesen előre nézel, semmi mást nem láthatsz, mint a nyílt tenger sötétjét, a horizont felett egy fényes sávval, e sáv a

jégblink, ami az összetorlódtott tengeri jégmezőt mutatja” (Apsley Cherry-Garrard, Scott utolsó déli-sarki útjának krónikása).

A felhőzet színén kívül még támpontot adott a felszín feletti közvetlen légkör is – a nyílt vízfelületek párologtak, a pára köddé állt össze. A jégmezőn egy határozott vonalban látott ködfal könnyen jelezhetette, hogy ott nyílt víz található. William Parry 1827-ben a Spitzbergák felől az Északi-sark irányába igyekezett a szakadozott jégmezőn át. Számtalan alkalommal figyelte meg a megnyíló csatornák feletti párat, s a ködképződést, valamint a ködben kialakuló, szintelen szivárványra hasonlító ködívét. 1827. július 23-án így jegyezte le a látottakat: „Fél hatkor gyönyörű természeti jelenségben volt részünk, először egy széles, fehér ködív jelent meg a nappal szemközti irányban, de a megszokott látványtól eltérően hamarosan erős színek mutatkoztak az íven, majd hamarosan



**Novaja Zemlja-jelenség, a fotó Mila Zinkova felvétele (spaceweather.com), a rajzot pedig Nansen készítette északi útján, amelyről magyarul „Éjben és jégben” címen jelent meg útleírása**

san öt további ív is megjelent a fő íven belül”. Parry tovább részletezi a jelenséget, olyan pontos leírással, amiből ma már azt is vissza tudjuk számolni, hogy mekkora páraszemcsékből állt a köd, amelyet látott.

A ködívек apró páracseppekből jönnek létre, amikor friss a köd (tehát épp kialakulóban van), az ív fehér. Később a szemcsék a levegőben lebegve egymáshoz tapadnak és nagyobb méretűvé válnak; ekkor jelennek meg a színek, még később a már túl nagy szemcséken nem tud kialakulni a jelenség. A fehér ködív azt jelzi, hogy a jégmezőn frissen kialakult hasadék feletti párákat látunk, ha színes a ködív, akkor a pára már egy kis ideje lebeg a hasadék felett. Ha pedig csak ködfal látszik, holott süt a nap, biztosak lehetünk benne, hogy a köd már „örege”, s vele együtt a párákat biztosító hasadék is.

### Déliábok – a tájékozódást akadályozó jelenségek

A sarkvidékeken különösen gyakori és erős déliábjelenségek alakulnak ki. A hétköznapi tájékozódásban a horizonton látszó „hegyek” vagy „szigetek” formá-

jában igencsak meglepetésszerű lehetett! A tájékozódásban a legnagyobb kihívást a horizonton nem várt pillanatban felbukkanó Nap jelentette a sarkvidékeken – a déliábjelenség miatt. Gyakorlatilag minden sarkvidéki felfedező útnaplója beszámol olyan helyzetekről, amikor a Nap jóval a csillagászati lehetőség első téli vég napkelte előtt felbukkan a horizonton, vagy jóval a késő őszi utolsó napnyugt után újra megjelenik. A helyzet ugyan zavarba ejtő, ám az okát a hajósok, sarkkutatók már régóta ismerték: a légköri refrakció miatt a horizont alatt lévő Nap déliáb-képe jön

Napot felhasználva, majd 1615-ben a Hold és a csillagok állását mérve már használta is a módszerét aktuális szélességi foka kiszámítására. A tapasztalt navigátor az egyéb déliábjelenségek alapján a navigációs táblázatokban megadott átlagértéket módosíthatta.

A tájékozódás a Nap égi helyzete alapján főként azon időszakokban jelentett problémát, amikor a Nap csak igen rövid ideig látszott, vagy igen alacsonyan járta végig az égi útját. Ha a horizonton déliábok látszóak, nem volt pontos magának a horizontnak a helye sem, ráadásul a déliáb változhatott is a szél, a hőmérséklet változásával. Nem egyszer megtréfálta a Nap a felfedezőket. *Shackleton* utolsó antarktisi expedíciójának naplójában így számol be egy eseményről: „A Nap, holott egy hete már végleg lenyugodott, meglepett minket ma reggel. A korong több mint fele a horizont fölé emelkedett május 8-án, délelőtt 11 órakor a látóhatár ragyogása a Nap képévé alakult. Negyed órával később a váratlan vendég ismét eltűnt, de csupán kis időre: 11:40-kor újra megjelent, majd lenyugodott déli egykor, 1:10-kor megint felkelt, de csak azért, hogy 1:20-kor szép lassan újból lebukjon a horizont alá. Ezt a különös jelenséget az erős légköri refrakció okozta, déli 1:20-kor 2 fok 37 perccel emelte meg a Nap képét. A hőmérséklet ekkor  $-26^{\circ}\text{C}$  volt, kiszámítottuk, hogy a fénytörés az elvártnál 2 fokkal nagyobb mértékű volt. Másképp fogalmazva, a Nap 193 km-rel délebbre jelent meg a horizont felett, mint a táblázatainkban megadott átlagos fénytörési



**Távoli hegyek déliábja az erős inverzió hatására. A kép a Fichtelberg tetején született és a 170 km-re lévő csehországi Iser-hegység torzképét mutatja. A sarkvidéken ez a látvány mindennapos (Claudia Hinz felvétele)**

a horizont fölé ilyenkor. *William Baffin* már 1613-ban alkotott egy módszert az egyes helyszíneken tapasztalható légköri refrakció kiszámítására a horizonton lévő

mutatók alapján számíthattunk volna rá.”. *Nansen* 1893–96 közti északi útján jegyezte fel 1894. február 16-án: „Ma délben még egy érdekesség történt, láttuk a napot, vagyis



csak a Nap képét, mivel délibáb volt. Először egy lapos, tüzesen ragyogó sáv jelent meg a horizont felett, aztán egy másik is felette – sötét csík választotta el őket egymástól – az árbockosárból öt ilyen, egyforma hosszúságú, párhuzamos fényávot láttam. Később kiszámítottuk, hogy a Nap 2 fok 22 perccel volt a horizont alatt délben.”

Ezt a tüneményt külön névvel is illetik: Novaja Zemlja-jelenség. A Nap horizont feletti megjelenését jelenti akkor, amikor csillogászatí értelemben még/már nem lehetne a látóhatár felett. A jelenség neve *Willem Barents* 1597-es, Novaja Zemlja szigetén eltöltött teelése idején észlelt „napkelte” alapján született, ugyanis az expedíció navigátora, Gerrit de Veer január 24-én megpillantotta a Napot, holott annak csak két héttel később kellett volna felbukkannia a földrajzi elhelyezkedésük alapján. Csak

akkor alig látszik torzulás, ám a légréteg határa felett azonnal megjelennek a torz formák. Akár annyi is elegendő a különbséghez, hogy az ember néhány méterrel magasabbra menjen. *Les Cowley* fizikus-légrétegoptikus az 1970-es években figyelt meg egy tengerparti kétszintes házból egy délibábos naplementét, mégpedig úgy, hogy először a földszinti ablakból látta a horizont alá bukó Napot, majd felszaladt az emeletre s onnan még egyszer megnézte, amint eltűnik a Nap délibábja a látóhatáron.

Délibábok persze fényes nappal is vannak – és nem csak a sarkvidékeken. Az ottani délibábok azonban a poláris magas légnyomású övezetben a stabil légrétegződés miatt erőteljesebbek, gyakoribbak és látványosabbak. Nálunk a hortobágyi délibáb a közismert, ám sokkal látványosabb délibábjelenséget figyelhetünk meg a téli

szített térképre is felvitte ezeket a „földeket”. Későbbi sarkkutatók pontosabb megfigyelései, s közelebbi útjai során e szárazulatok egy részét nem találták. A Wilkest megtévesztő délibábjelenségnek köszönhetően a horizont fölé emelkedő torlaszok, jéghegyek látszólag szárazföldi felszíni alakzatoknak. *John Ross* 1818-ban a Lancaster-szorost eltorlaszoló hegyláncot pillantott meg hajójáról – a hegylánc a Croker-hegység nevet kapta, azonban Parry egy évvel később feltárta, hogy csak délibáb lehetett, ugyanis ő már jóval távolabbra, a Melville-szigetig hajózott a Lancaster-szoroson keresztül. A belga antarktisi expedíció *Belgica* hajójával *Adrien de Gerlache* 1898-ban a Bellingshausen által még szárazföldként felfedezett I. Sándor-sziget közelében járt, s így ír: „*Déli irányban szárazföld jeleit láttuk a délután során, ám később eltűnt a látvány. Bizonyos, hogy csak délibáb volt.*” *Robert Peary* 1906-ban egy általa Crocker-föld néven regisztrált, Grönlandtól északnyugatra levő sarkvidéki szárazulatot rajzolt be a térképére. Csak néhány évvel később, 1913-ban célzott expedíció derítette ki, hogy délibáb volt. *MacMillan* vezette az expedíciót, és még őket is többször megtévesztette a délibáb: „*Elértük Peary 1906-os kórákását, majd kiváló légköri körülmények közepette körülnéztünk, megláttuk azt, ami valóban szárazföldnek tűnt, DNy iránytól ÉÉNy irányba terjedt, és ha távcsővel figyeltük meg, még meggyőzőbbnek tűnt a délibáb szárazföldszerű látványa. Minden bizonnyal ugyanezt láthatta Peary is! Ha magam nem jártam volna be a most látni vélt területet, megesküdtem volna rá, hogy valóban szárazföldet látok.*” Érdekeség, hogy a *MacMillan*-expedíció tagjaként velük utazó inuit, *Pee-ah-wah-to* az észleléskor megjegyezte, hogy a távoli szárazulatnak látszó dolog csak „homály”, és nem szárazföld. *Frederick Cook*, aki Peary versenytársa volt az Északi-sark elérésében, szintén látni vélt egy nagy szárazulatot, s *Bradley*-földnek nevezte a később szintén délibábnak bizonyult területet. Pusttán a véletlen játéka a két délibáb-helyszín névhasznosága: a Peary által Crocker-földnek nevezett délibáb *George Crocker* bankár, Peary egyik szponzora tiszteletére, míg a Ross által látott Croker-hegység az angol Admiralitás első titkáráról, *John Wilson Crokerről* kapta a nevét.

A délibábok időnként valós objektumokat is láthatóvá tesznek elképzelhetetlenül távolról. A felszín vonalát igen nagy területen követő egyöntetű inverziós légréteg a Föld görbülete miatt nem látható távoli terület képét is megemelhetheti annyira, hogy a geometriai horizont alól a látható horizont fölé helyezi. *Robert A. Bartlett* kapitány 1939-ben Izland és Grönland közt felúton járt hajójával, amikor megpillantotta az egyértelműen azonosítható, jellegzetes izlandi *Snæfellsjökullt*, mégpedig hajójának pontos



**Hafgerdingar – a vikingek félelmetes tengeri kerítése, vagyis a távoli vízfalnak látszó délibáb** (*Mila Zinkova felfvétele, forrás: Wikipedia*)

az 1970-es években született meteorológiai mérésekből derült ki, hogy a sarkvidékek jégmezői felett sok száz vagy ezer kilométer nagyságú területen kialakuló hőmérsékleti inverzió okozza a Novaja Zemlja-jelenséget. Az inverziós légréteg a környező levegőtől jelentősen eltérő sűrűsége miatt „csapdába ejti” a távoli tereptárgy (sziget, hajó, hegy, horizonton lévő égitest) képét, s a „csapdán” keresztül, mintha csak periszkópon néznénk ki, megpillanthatjuk azt hatalmas távolságból is. Az abnormális időpontokban felbukkanó napkorongot (ami a gyakorlatban igen ritkán korong alakú) több sarki expedíció említi, ma pedig már fényképek sokasága is rendelkezésre áll a jelenségről. A Nap, vagy egyéb tárgy torzulásának mértéke és természete attól függ, hogy az inverziós légréteghöz képest hol helyezkedik el a megfigyelő: ha a légrétegen belül van,

hidegpárnás időszakban valamelyik magasabb hegycsúcsunkról. Amikor a Kárpát-medencét a télen sűrű köd üli meg, e hegyek némelyike kilóg a ködrétegből, s a csúcson ragyogó, tiszta idő van. A távoli horizonton a tereptárgyak (általában más, messze lévő hegyek) képe a hőmérséklet-különbség függvényében torzul el, megemelkedik, felnyúlik, vagy épp ellapul a hegy teteje, az egymás melletti csúcsok asztallapszerűen egybefolyanak, s a legkülönlegesebb alakzatokat veszik fel. Ilyen helyzetben, ha a napnyugtát is megfigyeljük, tanúi lehetünk a sarkvidékek rejtélyes jelenségének.

A délibábok sok esetben tévesztették meg a felfedezőket, a legtöbbször talán *Charles Wilkes* amerikai Antarktisz-kutatót, aki többször vélt szárazföldet látni a déli kontinens közelében tett hajóútja során, s az általa ké-

pozíciója ismeretében 550 km távolságból, holott a hegyet csupán 150 km-ről szabadott volna meglátnia. Egy érdekes elmélet (Waldemar H. Lehn, University of Manitoba) szerint a középkori viking hajósok is ennek a jelenségnek köszönhetők mind Grönland, mind az észak-amerikai partvidék felfedezését. Elméletben, ha Nyugat-Izlandról ÉNy felé nézünk és a Bartlett által tapasztalt körülményekhez hasonló áll fenn, megláthatjuk Grönland partjait (kb. 400 km). Grönland nyugati pereméről pedig a kanadai partokat lehet észrevenni (szintén kb. 400 km). Wegener grönlandi tartózkodása idején tanulmányozta a délibábok ezen formáit, s azt vette észre, hogy a partok kissé kimagasló pontjairól tiszta időben (a légszennyező aeroszoloktól mentes sarki levegőben) sok esetben látszik távoli, egyébként megpillanthatatlan tárgy képe a horizont fölé nyúló formában. Ha a hajós út közben kerül bele a délibábot okozó inverziós légrétegbe, előfordul, hogy a korábban már egészen közelinek látott sziget eltávolodik – az inverzió ez esetben zsugorítja a távoli tereptárgy képét. William Scoresby navigátor 1820-ban jegyezte meg, hogy hasonló okból az Atlanti-óceán északi részén gyakorlatilag lehetetlen tisztességes távolságbecslést alkotni a látott partok, szigetek helyzetéről. A viking hajósok által ismert jelenség volt a *hafgerdingar* (a kifejezést „tengeri kerítés”-nek lehet fordítani). Jellemzően az Izland és Grönland közti tengerszakaszon észlelték a hajósok a távolban magasodó vízfalat, s a látványát féltelmesnek, hajókra veszélyesnek tartották, magát a jelenséget számtalanszor említik, magyarázat nélkül. Az egyetlen fennmaradt leírását a XIII. századi *Konungs skuggsjá* (*A király tükre*) címen ismert oktató írás adja, s első könyvének XVI–XVIII. része foglalkozik Izland és Grönland környékével, köztük a tengeri kerítéssel. A leírás így szól: „*Mint ha a világoceán összes hulláma és vihara összegyűlné, körbekeríti az egész tengert, és nincs rajta rés sehol. Magasabb a hegyeknél, meredek falú, kiugró szirtreke hasonlít. Igen kevés eset ismert csak, amikor egy hajós megmenekült, ha látta a kerítést.*” A korabeli szöveg modern értelmezése persze sok elméletet hozott, köztük például népszerű volt, hogy cunami látványát vélték kiolvasni a leírásból. (Nansen is úgy hitte, hogy tenger alatti földrengések során keletkező cunamiról emlékezik meg a jelenség leírása.) A megoldást Wegener grönlandi megfigyelései hozták: alapos meteorológiai kutatásai és mindennapos környezeti észlelései alapján felismerte, hogy egy bizonyos típusú délibábjelenséget igen gyakran követ viharos idő. Ez az úgynevezett felső állású délibáb, ami akkor alakul ki, ha a hideg felszíni légréteg melegebb levegő érkezik. A délibáb megmutatkozik például a leirt, falhoz, kerítéshez hasonló, a horizonton végighúzóó

reszkető légréteggént is. A magasban érkező meleg levegő általában közeledő ciklonokhoz kötött, s a meleget azután hamarosan követi a ciklon hidegfrontja, amely heves viharokkal, igen erős széllel jár – valódi veszélyt hordoz a hajósok számára.

### Szent Elmo tüze – a hajósok védőszentje hóviharban

Douglas Mawson 1912–14 közti antarktisz expedíciója fő bázisának helyét kiválasztott pont a Commonwealth-öböl partján az ott eltöltött időszak alatt rendkívül széles helysínnek bizonyult. A kontinens felől (szinte kizárólag DK-i irányból) fújó, gyakorlatilag folyamatosan tomboló, nem ritkán hurrikán erejű szél finom porhó hatalmas tömegét mozgatta a tenger irányába. Amikor össze-

tett egy hegyes, miniatűr 'villámhárítót' az épület tetején lévő zászlórúdra. Innen egy szigetelt vezetékkel húzott be az épületbe, így bentről figyelhetők az elektromos töltés aktuális jelenlétét. Idebenn kb. 1 hüvelyk távolságig kékes fénylés vette körül a drót végét, s ha elektromosan vezető tárgyat tettünk a közelébe, szikrák áradatát szórta feléje és eközben ózonszagot is éreztünk. Természetesen nem volt folyamatos ez a jelenség, így érdemesnek találtuk valamilyen automata jelző elkészítését a detektálására. Hurley egy elektromos csengőt kötött a vezetékre, s ez minden alkalommal megszólalt, amikor a tetőről a töltés leküszört a vezetékünkön, az éjjeli őrünk feladata volt rögzíteni a hallott eseményeket. Azonban hamarosan le kellett szerelnünk a csengőt az alvók nyugalma érdekében, mivel olyan gyakran és hevesen zajongott. Azt azonban megfigyeltük, hogy



Edward A. Wilson abszolút valóságú pasztelrajza az 1911-ben az Antarktiszon megfigyelt gyöngyházfényű (sztratoszferikus) felhőkről (Forrás: NOAA)

egyre gyakrabban lett sötét, az expedíció tagjai könnyedén megpillanthatták a hajósok körében jól ismert jelenséget, a Szent Elmo tüzet. Március 22-én észlelték először, a *nefoszkóp* (felhőmozgást megfigyelő műszer) csúcsain. „*Ahogy az idő egyre hidegebb lett, erősödött a jelenség intenzitása. ... A ládák sarkán, a kövek csúcsain sápadt kékes fénylés ragyogott. Ugyanez a ruházat kiálló részein, a kesztyűkön, sapkákon is megjelent – de az ember nem érzett semmit se belőlük, legalábbis a tomboló szélben, hóviharban. Viszont a szélmérő több alkalommal is szikrákat szórt Madigan ujjaira, amikor kicserélte az adatrögzítő lapokat. Mivel ezt csak csupasz kézzel lehetett elvégezni, így egyszer még érezte is a mintegy fél hüvelyk távolságba húzó szikrát az ujján. Aztán úgy döntöttünk, hogy rendszeres megfigyeléseket folytatunk a jelenségről, ezért Corell készi-*

*az elektromosság akkor volt a legintenzívebb, amikor a legapróbb szemcséket hordta a hóvihar, s nem feltétlen akkor, mikor a legsűrűbb volt.*” A későbbiek során, amikor üzembe tudták helyezni a rádiós távirójukat, azt is megfigyelték, hogy a vevőn hallani lehetett a kisülések okozta zavarást, amikor jelen volt a Szent Elmo tüze. Habár a jelenség igen régóta és igen jól ismert („már a régi görögök is”), a hétköznapi életben ritkán adódik lehetőség a megpillantására, ezért különösen érdekes minden beszámoló. Néhány éve egy alpesi hegycsúcs időjárás-obszervatóriumának korlátján és a műszereinek csúcsán jelent meg a Szent Elmo tüze, s az obszervatórium webkamerája ezt rögzítette is. A jelenség idején intenzív, aprópelyhes havazás volt – a körülmények hasonlóak voltak a Mawsonék által átéltekhez. A jelenség létrejöttéhez azonban nem kell zivatar –



bár kétségtől ez a leggyakoribb esemény, amelynek során megfigyelik, csupán a levegő elektromos töltöttsége szükséges (alapvetően 30 000 V/cm télerősség, csúcsos tárgyakkal picit kevesebb is elég). Ez létrejöhet a már említett aprózemes havazás során, porviharban vagy vulkáni hamuhulláskor is, de megfigyelték már homokfűvadás tisztítás alkalmával is. Az elektromos töltések a tereptárgyak csúcsai közelében összegyűlve ionizálják a környező levegő nitrogénjét és oxigénjét, e két gáznak köszönhető a kékeslila szín, így gyakorlatilag plazma fénylését látjuk a Szent Elmo tüzeiben. Érdekes lesz (reméljük, hogy sor kerül rá) megtudni, hogy a marsi porviharok és a ritka marsi szén-dioxid-légkör képes-e létrehozni a jelenséget.

megfigyelő, azonban csak a sarkoktól távolabb, mivel a sarkokon nyáron világos hozzá az égbolt. Ez utóbbiról nem is olvashatunk a sarki utazók naplóiban, ám pl. hazánkban is megfigyelhetjük nyári esteiken és hajnalokon. A kétféle felhőben a sarkvidékekhez kötődésük mellett közös még, hogy viszonylag új jelenségek. A PSC-ről az első, hiteles feljegyzések az 1870-es évekből ismertek (valószínű, hogy korábbi is lehetett, de még feltáratlanul hevernek az észlelések valamely obszervatórium eseménynaplójában vagy régi krónikában), míg a világító felhőről csak 1885-ben születtek az első biztos észlelések.

Mivel az utazók a sztratoszferikus felhőkkel találkozhattak, így a leírásaikban is ez kapott szerepet, erről beszélhetünk bővebben. *Henrik Mohn*, a norvég meteorológiai

fajta. Mivel a két sarkvidék közül a zártabb légköri rendszer miatt a délin van hidegebb, így az ózonlyuk ottani kialakulásában is ez játszik szerepet. Azonban, míg nem voltak állandó személyzetű kutatóbázisok az Antarktiszon, addig az északi sarkvidékről származó PSC-észlelések voltak túlsúlyban.

Mivel a PSC a légkör magasabb rétegében van, így a megpillantása is speciális időponthoz kötött: hajnalban vagy alkonyat körül, leginkább akkor, amikor a Nap még/már a horizont alatt van. Nappal is jelen vannak, de a drámai színhatást akkor érik el, ha a troposzféra nem süti a Nap, a sztratoszférát viszont igen, így a sötétebb égi háttérből ragyogó színeivel és fényével kiemelkedik a felhő. A *gyöngyházfényű felhő* név a II. típusú tökéletesen leírja, hiszen a vízjég miniatűr kristályain elhajló és interferenciát szenvedő fény csodálatos színeket hoz létre! A felhőre különösen jellemző a többé-kevésbé szabályosan hullámos, kis lencse alakú párnákból álló formavilág, ami a sztratoszféra erős szeleinek köszönhetően alakul ki. Valószínűleg a világon legelső, bizonyosan gyöngyházfényű felhőt ábrázoló képet alkotta meg *Edward A. Wilson*, aki kétszer is járt az Antarktiszon. Wilson 1912-ben, Scott tragikus expedíciója során életét veszítette, ám rajzai, pasztelekpei megmaradtak, s ezek közt található a gyöngyházfényű felhőt, annak jellegzetes forma- és színvilágával ábrázoló kép is. *Apsley Cherry-Garrard* könyvében, amelyet a Scott-expedíció tagjaként vetett papírra, több alkalommal is beszámol különösen színes felhőkről, amelyeket télen láttak, amikor a Nap a horizont alatt volt folyamatosan. Wilson számos más légköri jelenséget is megörökített, ezek ábrázolásának tudományos pontosságáról *Cherry-Garrard* külön, kiemelten emlékezik meg, hivatkozva a Wilsonnal közösen észleltetkre.

1893. december 11-én Nansen a Fram fedélzetéről észlelt egy különös felhőt, amelyet ő fura sarki fényként írt le: „*Este furcsa megjelenésű sarki fényt láttam, fehéresen fénylő cirrusz vagy cirrokumulusz jellegű felhő volt a déli horizonton, először azt hittem, a Hold világítja meg, de nem volt fenn a Hold. Amíg a vékony ruhámban kinn fagyoskodva figyeltem, se nem pulzált a fénye, se oszlopok nem nőttek ki belőle, csak lassan-lassan kúszott az ég alján. Délkelet felé volt a legerősebb a fénye. Később Hansen, aki éjszaka tovább figyelte, beszámolt róla, hogy lassanként észak felé mozgott a felhő, de mozgó sarki fényt nem észlelt.*” Ebben az időszakban a Hold keskeny sarlóként folyamatosan a horizont alatt volt, így kizárható, hogy az világította volna be a felhőt. A decemberi időpont lehetségessé teszi, hogy I. típusú PSC volt, amit Nansen különös sarki fénynek vélt, természetesen ez egyáltalán nem biztos, de a leírás alapján jó esély van rá.

(A cikk második részét következő számban közöljük.)



Szoba a Mawson-féle antarktisi expedíció bázisán, az asztalon a Szt. Elmo tüzét detektáló szerkezet látható (Frank Hurley felvétele)

### Felhők a troposzféra felett

A hétköznapi életben lehet látni felhőket a légkör legalsó rétegében, a 8–14 km magasságig húzódó troposzférában, mivel itt játszódik le a felszínre nagy hatással lévő időjárási jelenségek. A troposzféra felett is vannak felhők, azonban ezek csak speciális körülményekhez kötődve jöhetnek létre, megpillantásukhoz jókor, jó helyen kell lenni. Két, teljesen eltérő magasságban s eltérő körülmények közt kialakuló felhőtípusról beszélhetünk – ezek mindegyike kötődik a sarkvidékekhez. A felszínhez közelebbi a sztratoszférában, 15–25 km magasságban, télen kialakuló sarki sztratoszferikus felhő (röviden PSC), s ennek igen látványos, színpompás változata, a gyöngyházfényű felhő. A másik, bolygónk légkörében a legmagasabban, a mezoszféra határán, 80–85 km-es szinten kialakuló felhő pedig az éjszakai világító felhő (röviden NLC), amelyet nyáron pillanthat meg a

intézet igazgatója 1893-ban jelentetett meg egy tanulmányt, amelyben a PSC légköri elhelyezkedését számolta ki, s jutott arra a következtetésre, hogy 20–25 km-es magasságban alakulnak ki e felhők. Télen a sztratoszféra alsó régiójában igen hideg alakulhat ki, amikor az ott igen kis arányban jelen lévő tiszta vízpára, vagy épp savak és vízpára keveréke alkotta elegy kondenzálódni képes. A kétféle típusú összetevő kétféle PSC-t hozhat létre:  $-78^{\circ}\text{C}$ -on az I. típus, a vízen kívül salétromsavat és kénsavat is tartalmazó, részben fagyott, részben folyadék állapotú apró cseppcsekből álló;  $-85^{\circ}\text{C}$ -on a II. típusú a tiszta vízből álló jégkristályokká fagyott jön létre. A II. típusú a színpompás gyöngyházfényű felhő, s a korai észlelések is erről számolnak be. Az I. típus viszont az ózonrétegünk bomlásához köthető, mivel a savas cseppcsekek katalizálják a légkörbe felkerült klór reakcióit, emiatt a modern tudomány számára ez a fontosabb és alaposan kutatott