

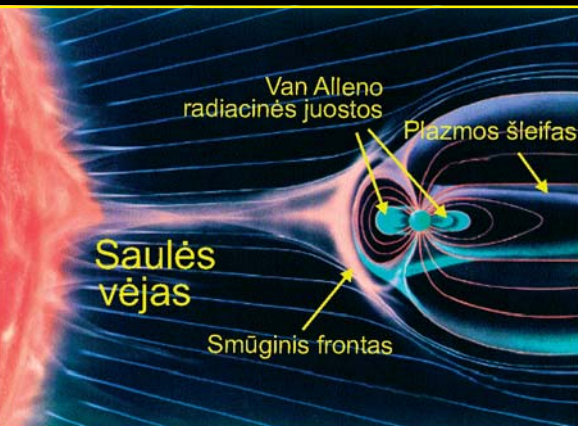
**Žemės atmosferoje vyksta daugybė įstabių optinių, elektrinių ar kitos kilmės reiškinių, kuriuos vienaip ar kitaip veikia mūsų Saulė. Kiekvienas sau galime šiuos reiškinius iš naujo atrasti, o pasitelkę šiuolaikinio mokslo laimėjimus, ir suvokti jų grožį naujoje šviesoje. Neseniai rašėme apie paslaptینگus sidabriškuosius debesis (MG 2006, Nr. 2), kurie formuojasi neįprastai aukštai, kur Žemės atmosfera yra nepaprastai reta. Dar aukščiau švyti paslaptingosios šiaurės pašvaistės (aurora borealis).**

Šiaurės pašvaistės buvo žinomos ir stebimos nuo pat gilios senovės. Seniausias rašytinis dokumentas, kuriame minimas šis paslaptingas gamtos reiškinys, neseniai rastas Babilono astronominiuose tekstuose ir datuotas 567 m. prieš Kristų. Šiaurės pašvaistės minimos senovės graikų šaltiniuose, taip pat ir

mas E.Halis. Jis manė, kad šiaurės pašvaistės yra sąlygotos Žemės magnetinio lauko kitimo. Iš tiesų, po 25 metų tą patvirtino A.Celsijus, stebėjęs kaip danguje švytint ryškiai pašvaistei blaškosi kompasno rodyklė. XIX a. pabaigoje gam-

# Šiaurės

tos moksluose buvo padaryta daugybė svarbių atradimų, kurie, be abejonės, pasitarnavo įmenant ir šiaurės pašvaisčių



**1 pav. Saulės vėjo ir Žemės magnetinio lauko sąveika**



**3 pav. Šiaurės pašvaistė 2001 m. spalio 21-osios naktį**



**2 pav. Šiaurės pašvaistė 2001 m. spalio 21-osios naktį**

Biblijoje. Daugelį amžių apie šiaurės pašvaisčių kilmę buvo tik spėliojama. Šis paslaptingas reiškinys žmonėms keldavo baimę ir buvo laikomas karų ar kitokių nelaimių pranašu. Aristotelis manė, kad šiaurės pašvaistės simbolizuoja atsivėrusį dangų. Šiaurės pašvaistės yra neatsiejama Skandinavijos šalių tautosakos dalis, gal todėl šis paslaptingas reiškinys ypač traukė Šiaurės šalių mokslininkus.

Vieną pirmųjų mokslinių šiaurės pašvaistės prigimties hipotezių XVIII a. pradžioje pateikė žymusis anglų astrono-

**Šiaurės pašvaistė 2003 m. spalio 30-osios naktį Ričardo BALČIŪNO nuotraukos**



paslapties mįslę. Garsusis norvegų fizikas A. Angstromas pirmasis pažvelgė į pašvaistės spalvas per prizmę ir atrado, kad jos švytėjimo spektrą tesudaro vos keletas atskirų siaurų spektrinių linijų (spalvų). Netrukus buvo tiksliai identifi-

statė ir aukštį, kuriame švyti šiaurės pašvaistės. Šiems tyrinėjimams paskyręs 30 metų (nuo 1910 iki 1940), jis gavo daugiau kaip 20 000 pašvaisčių nuotraukų, darytų tuo pat metu iš dviejų skirtingų vietų. Stormerio rezultatai bylojo, kad

dalelės (elektronai, protonai ir helio branduoliai, dar vadinami alfa dalelėmis) išsiveržia iš Saulės magnetinio lauko ir pasiekia net tolimiausius Saulės sistemos kampelius. Taigi Saulės vėjas yra ne kas kita, kaip elektringųjų dalelių srautas. Saulės vėjas „pučia“ nuolat, o jo stiprumas priklauso nuo Saulės aktyvumo. Esant dideliame Saulės aktyvumui, Saulės žybsnių ar vainiko medžiagos pliūpsnių metu per trumpą laiką į kosminę erd-

# pašvaistės

## Lietuvos padangėje

Audrius DUBIETIS,  
Ričardas BALČIŪNAS

kuoti ir cheminiai elementai, kuriantys pašvaistės švytėjimą. Įdomu ir tai, kad pirmieji laboratoriniai eksperimentai, įgalinę tiesiogiai paaiškinti magnetinę šiaurės pašvaisčių prigimtį, buvo atlikti jau XIX a., kai 1896 m. norvegų mokslininkas K. Birkelandas, įdėjęs įmagnetintą rutulį į žemo slėgio išlydžio lempą, stebėjo erdvinės struktūras, labai primenančias šiaurės pašvaistę. Jis padarė išvadą, kad šiaurės pašvaistes kuria elektronai, nukreipiami Žemės magnetinio lauko, ir toliaregiškai numatė, kad šių elektronų šaltinis galėtų būti Saulė. Jo mokinys K. Stormeris tiksliai apskaičiavo tokių elektronų trajektorijas Žemės magnetiniame lauke. Tas pats K. Stormeris 1915 m. tiksliai nu-

vidutinis pašvaisčių švytėjimo aukštis yra 100–120 km, o išskirtiniais atvejais gali siekti net 500 km. Jau šiuolaikinės kosminės fotometrijos metodais nustatyta, kad kartais pašvaisčių švytėjimas driekiasi ir dar aukščiau – net iki 1000 km virš Žemės paviršiaus.

### Šiaurės pašvaistės ir Saulės vėjas

Dabar jau tiksliai žinoma, kad šiaurės pašvaistės yra ne kas kita, kaip pačių aukščiausių atmosferos sluoksnių švytėjimas, sąlygojamas Saulės vėjo ir Žemės magnetinio lauko sąveikos. Beje, Saulės vėjas atrastas tik 1960 m., paleidus pirmuosius kosminius aparatus. Saulės vėjas kyla aktyvioje Saulės fotosferos srityse, kur sukuriama nepaprastai stiprus magnetiniai laukai. Vizualiai šios sritys stebimos kaip Saulės dėmės. Jų paviršiaus temperatūra yra bemaž 1000 laipsnių žemesnė, nei likusioje fotosferoje (čia vidutinė temperatūra yra apie 5800 laipsnių), todėl Saulės dėmės mums atrodo tamsios. Būtent Saulės dėmėse atsiranda galingos magnetinio lauko anomalijos, kurių dėka elektringosios

vė yra išmetami milžiniški elektringųjų dalelių kiekiai. Taip kyla Saulės vėjo „gūsių“. Bendra išmestų dalelių masė gali siekti iki milijardo tonų, o energija net iki  $10^{25}$  J. Tokį energijos kiekį visi Žemės branduoliniai reaktoriai kartu pagamintų tik per milijoną metų!

Pastovus Saulės vėjas „pučia“ maždaug 400 km/s greičiu, tačiau jo greitis „gūsių“ metu padidėja iki 1000 km/s. Toks Saulės vėjo „gūsis“ Žemę pasiekia po kelių dienų. Dėl geležinio branduolio Žemė turi savo stiprų magnetinį lauką, kuris kaip skydas saugo mus nuo tiesioginio pragaištingų Saulės vėjo dalelių poveikio. Žemės magnetinis laukas nukreipia elektringąsias Saulės vėjo daleles išilgai savo linijų, tolyn nuo Žemės (žr. 1 pav.). Tačiau ir Saulės vėjas deformuoja Žemės magnetinį lauką – dieninėje (į Saulę atsuktoje) Žemės pusėje magnetinio lauko linijos yra suspaudžiamos ir formuojasi lanko formos smūginis frontas, o naktinėje – atvirkščiai, magnetinio lauko linijos nutįsta net iki 100 000 km, taip atsiranda vadinamasis plazmos šleifas.

Nukelta į 36 p.



4 pav. Šiaurės pašvaistė 2002 m. spalio 1-osios naktį





**Sveikiname Vincentą KORKUTĮ, gamtos mokslų daktarą, Geologijos ir geografijos instituto vyr. mokslinį bendradarbį-konsultantą, Lietuvos respublikinės premijos laureatą, Olimpinių žvaigždės kavalierių, garbingo 75-erių metų jubiliejaus proga.**

1955 m. baigusį Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakulteto geologijos specialybę neramios prigimties jaunuoli likimas nubloškė į Vakarų Sibiro geologinę tarnybą, po kelerių metų sugrįžęs į gimtinę dirbo naftos paieškos darbus Lietuvoje ir Kaliningrado srityje. Daugelį metų trukusio geologo-paieškininko darbų patirtis nuvedė Vincą Korkutį net į Pietų Arabiją – talkinti jauniems Jemeno specialistams.

Jubilatas neužsidarė vien mokslinėje erdvėje. Jį viliojo ir visuomeninė veikla, kelionės, paskaitos, meilė lauko tenisiui, pagundos fotografijai.

V.Korkutis rašė ne tik straipsnius mūsų žurnalui (nuo 1962 m.), bet ir knygas: „Mineralų pasaulyje“ (1980 m.), „Lietuvos tenisiui – 75“ (1995 m.), apie S.Tijūnaitį „Kaip aš į žmones išėjau“ (2003 m.), o neeiliniam gimtadieniui pasidovanojo knyga „Karavanų keliais“.

Nuoširdžiai linkime Jubilatai tvirtos sveikatos ir dar daug gražių darbų.



Nedidelė atlėkusiųjų dalelių dalis yra „pagaunama“ ir sulaikoma plazmos šleifo šerdyje ir Van Alleno radiacinėje juostoje, pavadintoje 1958 m. jas atradusio amerikiečių mokslininko Dž. Van Alleno vardu. Kai tokių dalelių yra labai daug, jos perpildo Van Alleno radiacinės juostos, trumpam labai iškraipydamos Žemės magnetinį lauką. Taip kyla vadinamosios magnetinės audros, kurios trikdo ryšių ir kitų elektroninių sistemų darbą.

Judėdamos išilgai magnetinio lauko linijų, elektringosios dalelės greitėja, o jų kryptingas judėjimas jonosferoje kuria nemokamas elektros srovės, kurios vadinamos Birkelando srovėmis. Galiausiai šios dalelės pasiekia pačius aukščiausius atmosferos sluoksnius ties geomagnetiniais Žemės poliais. Šiaurinis polius yra Kanados šiaurės rytuose, netoli Grenlandijos, o pietinis – rytiniame Antarktidos pakraštyje, į pietus nuo Australijos. Sritys, kuriose įvyksta elektringųjų dalelių sąveika su atmosferos atomais, yra žiedo formos ir vadinamos pašvaisčių ovalu. Pašvaisčių ovalo skersmuo sąlyginai ramios Saulės metu yra apie 3000 km, tad šiaurės pusrutulyje jis driekiasi per šiaurinius Skandinavijos, Rusijos, Kanados ir Aliaskos rajonus. Ten šiaurės pašvaisčių galima stebėti vos ne kasnakt. Geomagnetinių audrų metu pašvaisčių ovalas pastebimai išplinta, tada šiaurės pašvaisčių gali būti matomos gerokai piečiau. Nustatyta, kad šiauriau 60° šiaurės platumos jos sušvinta nuo 3 iki 10 kartų per mėnesį, Lietuvos platumoje (55° šiaurės platumos) – maždaug kartą per mėnesį, Vidurio Europoje – maždaug dukart per metus, Pietų Europoje – tik kartą ar du per dešimt metų, Šiaurės Afrikoje – keliskart per šimtmetį, o ekvatoriuje – tik kartą per 200 metų. Be to, pastebėta, kad įspūdingos šiaurės pašvaisčių pasikartojimo kas 27 dienas – toks yra Saulės apsisukimo apie ašį periodas. Šiaurės pašvaisčių dažniau sušvinta Saulės aktyvumo maksimumų, kurie kartojasi kas 11 m., metu. Kartu nustatytas įdomus faktas, kad XVIII a. pabaigoje (1793–1816 m.) Saulės aktyvumas buvo neįtikėtina mažas, o Saulės dėmės buvo beveik išnykusios. Retos tuomet buvo ir šiaurės pašvaisčių – būta metų, kai šiaurės Europoje jų visai nebuvo matyti.

### Pašvaisčių spalvos

Elektronai, įgreitinti Žemės magnetinio lauko ir skverbdamiesi į atmosferą, daug kartų susiduria su atmosferos ato-

mais ir molekulemis, kol pagaliau praranda visą savo energiją. Dėl šių susidūrimų viršutinių atmosferos sluoksnių atomai ir molekulės yra sužadunami, o grįždami į savo pradinę būseną išspinduliuoja šviesos kvantus – fotonus, kuriuos ir matome kaip švytėjimą. Beje, kad šiaurės pašvaisčių būtų galima pamatyti plika akimi, vienu metu turi būti išspinduliuojamas didžiulis fotonų kiekis – apie 100 milijonų. Kiekvienas atomas ar molekulė turi savitą energijos lygmenų struktūrą, tad ją nesunkiai galima atpažinti iš spinduliuojamo spektro. Taigi pašvaisčių spalvos yra aukščiausiųjų atmosferos sluoksnių sudedamųjų dalių „pirštų atspaudai“. Jų švytėjime išsiskiria trys pagrindinės spalvos: žaliai gelsva (bangos ilgis 557 nm), tamsiai raudona (630 ir 636 nm) ir giliai mėlyna (428 nm). Iš šių „atspaudų“ galima tiksliai identifikuoti, kokie atomai ar molekulės švyti. Visų pirma vertėtų priminti, kad pačių aukščiausių atmosferos sluoksnių cheminė sudėtis skiriasi nuo mums įprastos, esančios ties Žemės paviršiumi. Aukštyje, kuriame įsižiebia šiaurės pašvaisčių, intensyvi ultravioletinė Saulės spinduliuotė suardo daugelį molekulių, ir pagrindinės paties aukščiausio Žemės atmosferos sluoksnio (vadinamo termosfera ar jonosfera) sudėtinės dalys yra atominis deguonis ir jonizuotos (netekusios vieno elektrono) azoto molekulės. Beje, maždaug 400 km aukštyje atominio deguonies yra 10 kartų daugiau nei azoto, o molekulinio deguonies, kuriuo kvėpuojame, išvis nėra. 1923 m. danų astronomas L.Vegardas nustatė, kad žaliai gelsvą ir raudoną šviesą spinduliuoja sužadinto deguonies atomai, o mėlyną – sužadintos jonizuoto azoto molekulės.

Įdomu ir tai, kad skirtingų spalvų švytėjimas dangaus skliaute neretai įgauna visiškai skirtingas formas. Žaliai gelsvas švytėjimas dažnai turi aiškiai išreikštą smulkiają struktūrą – spindulius ar plevenančias juostas, kurios yra labai dinamiškos ir greitai kinta. Tuo metu raudonas švytėjimas dažniausiai susilieja į vienalytį foną, retai kada įgaunantį aiškesnes formas. Kaipgi paaiškinti, kad tie patys deguonies atomai kuria visiškai skirtingų formų švytėjimą? Pasirodo, viską lemia tai, kad sužadunami skirtingi atominio deguonies energiniai lygmenys, kurių gyvavimo trukmė smarkiai skiriasi. Beje, dėl neįprastai ilgos gyvavimo trukmės, kuri matuojama sekundėmis ar jos dalimis, visi šie lygmenys vadinami metastata-

# pašvaistės

## Lietuvos padangėje

biliais. Sužadintas deguonies atomas, kol išspinduliuoja žaliai gelsvą šviesą (fotoną), būna palyginti trumpai – vos 0,7 s. Dėl to žaliai gelsva spalva gana tiksliai pakartoja sparčiai besikeičiančio elektringųjų dalelių srauto laikines ir erdvines variacijas. Tuo tarpu sužadintas atominio deguonies lygmuo, spinduliuojantis raudoną šviesą, atvirkščiai, gyvuoja labai ilgai – beveik 2 minutes. Sužadintas atomas per tiek laiko gali nulėkti labai toli nuo tos vietos, kur susidūrė su elektringąja dalele. Dėl to raudonas švytėjimas apima didžiulį tūrį ir yra gana vientisas. Retais atvejais ir raudona spalva danguje įgauna ryškiai apibrėžtas formas (žr. 3 ir 4 pav.). Jonizuoto azoto molekulių sužadintos būsenos gyvavimo trukmė yra dar mažesnė – vos tūkstantoji sekundės dalis, tad mėlyna pašvaistės spalva yra tokia pat dinamiška, kaip ir žalia.

Žinoma ir tai, kad skirtingos šiaurės pašvaistės spalvos įsižiebia skirtingame aukštyje. Žaliai-gelsva ir mėlyna spalvos švyti maždaug 100 km aukštyje, o raudonas švytėjimas driekiasi daug aukščiau – iki 500 km ir daugiau. Tai vėlgi susiję su minėtąja sužadintos būsenos gyvavimo trukme – jei atomas gali ilgai išbūti sužadintos būsenos, yra nemenka tikimybė, kad jis susidurs su kitu atomu ir praras savo sužadinimą taip ir nespėjęs išspinduliuoti raudono fotono. Kadangi atmosferos tankis kylant aukštyje tolydžio mažėja, tai atomų tarpusavio susidūrimų tikimybė taip pat mažėja, ir jie spėja išspinduliuoti fotoną iki susidūrimo su kitu atomu.

Regimosios pašvaisčių formos priklauso nuo į atmosferą įlekiančių elektringųjų dalelių energijos ir tankio, taip pat ir nuo lokalių Žemės magnetinio lauko variacijų. Jos yra skirstomos į ramias ir aktyvias. Ramios formos – tai beformis švytėjimas, matomas kaip blausi vienalytė šviesa, kurios intensyvumas laikui bėgant beveik nekinta. Aktyvios formos daug įspūdingesnės – jos matomos kaip pulsuojantys spinduliai, persiklojantys su plevenančiomis ir vinguriuojančiomis juostomis. Rečiau matomas vainikas – spinduliai, sueinančys į vieną tašką. Kartais ant Žemės esan-

čiam stebėtoji visos spalvos persikloja, taip sukurdamos fantastinius pulsuojančius visų vaivorykštės spalvų derinius. Toks reginys išties gniaužia kvapą. Be matomos spinduliuotės, šiaurės pašvaistės spektre yra ir nematomos akiai šviesos, kurią registruoja tik spektriniai prietaisai. Tai infraraudonieji ir ultravioletiniai spinduliai, sąlygojami jau kitų sužadintų azoto ir deguonies energijos lygmenų. Beje, ultravioletinių spindulių neįmanoma užregistruoti nuo Žemės paviršiaus, kadangi juos sugeria ozono sluoksnis, esantis 20–30 km aukštyje.

### Šiaurės pašvaistės Lietuvoje

Nors statistiškai šiaurės pašvaistes Lietuvos platumose galima matyti kartą per mėnesį, tačiau dėl Lietuvos astroklimato ypatumų (giedrų naktų skaičiaus per metus) šiaurės pašvaistę pamatyti pasiseka nedažnai. Šio straipsnio autoriai, turėdami laisvo laiko, nepraleidžia progos žvilgtelėti į dangų, ir 1989–2006 m. šiaurės pašvaistes Lietuvos padangėje jie stebėjo daugiau nei 50 kartų. Dažniausiai Lietuvoje galima pamatyti kraujo raudonumo dangų šiaurinėje pusėje, o žaliai gelsva juosta matoma neaukštai virš šiaurinio horizonto. Mėlynos spalvos pašvaistė Lietuvoje sušvinta itin retai. Iš dalies tai susiję su tuo, kad Žemės atmosfera nevienodai sklaido skirtingų spalvų šviesą – raudoną mažiausiai, o mėlyną labiausiai. Jei mėlyna pašvaistė yra arti horizonto, jos šviesa stipriai sklaidoma. Be to, žmogaus akis yra jautriausia žaliai šviesai. Kai pašvaistė yra neryški, akis sunkiai skiria spalvas. Dėl to žaliai gelsva juosta netoli horizonto dažniausiai matyti tik kaip balzganas švytėjimas. Esant geroms stebėjimo sąlygoms – skaidriam orui, toli nuo miesto žiburių, galima nesunkiai pastebėti net menkiausias pokyčius šiaurinėje dangaus pusėje. Tačiau mieste vadinamoji „šviesos tarša“ tokia didelė, kad išsklaidyta lempų šviesa nustelbia net ir gana ryškių šiaurės pašvaisčių švytėjimą.

Šiaurės pašvaistės Lietuvos padangėje savo grožiu retai kada prilipsta toms, kuriomis grožisi šiaurės kraštų gyventojai. Ryškios ir įspūdingos šiaurės pašvaistės mūsų šalyje yra neabejotinai retas reiškinys. Tačiau du pastarieji Saulės aktyvumo maksimumai (1991 ir 2002 metais) padovanojo išties gražių reginių ir Lietuvos padangėje. Įspūdinga pašvaistė stebėta 1991 m. lapkričio 1-osios vakare, kai krau-

jo raudonumo liežuviai driekėsi tiesiai virš galvos, o šiaurinė dangaus pusė alsavo nuostabiomis spalvomis. Panašus reginys pasikartojo po savaitės, lapkričio 9-osios naktį. 2000 m. liepos 15-osios naktį sužibo reto grožio šiaurės pašvaistė, kuri nusidriekė per visą dangų. Atrodė, kad jos centras yra beveik tiesiai virš galvos, Lyros žvaigždynė. Kitų metų rudenį šiaurės pašvaistės, nors ir ne tokios ryškios, švytėjo net tris naktis paeiliui (spalio 20–22). Autorių stebėjimų duomenimis, dažniausiai šiaurės pašvaistės švyti pavasarį (kov mėn.) ir rudenį (spalio mėn.), o jų matomumo trukmė yra labai įvairi – nuo keliolikos minučių iki keleto valandų.

### Vietoje epilogo

Šiaurės pašvaistės būna ne tik Žemėje, bet ir kitose planetose. Kosminiai aparatai užregistravo itin galingas pašvaistes didžiosiose Saulės sistemos planetose – Jupiteryje, Saturne, Urane ir Neptūne. Kadangi šių planetų atmosferų sudėtis smarkiai skiriasi nuo Žemės, tai ir pašvaistės švyti visai kitomis spalvomis. Intensyviausias švytėjimas registruojamas ultravioletiniame spektro ruože. Pašvaistės stebėtos ir kai kuriuose didžiųjų planetų palydovuose – Titane, Tritone ir Ijo. Pastarajame jos itin įdomios, nes švyti ties pat paviršiumi. Šis Jupiterio palydovas neturi nuolatinės atmosferos, tačiau laikina mažo tankio atmosfera atsiranda dėl daugybės ten veikiančių vulkanų. Marse ir Veneroje šiaurės pašvaisčių išvis nebūna, kadangi šios planetos neturi magnetinio lauko. Nėra pašvaisčių ir Merkurijuje, nors ši maža planetėlė ir turi magnetinį lauką, bet neturi atmosferos.

Yra nustatyta, kad Žemės magnetiniai poliai, o ypač šiaurinis, sparčiai juda link geografinių ašigalių, per metus vidutiniškai pasislinkdami po 40 km. Pastarųjų dešimtmečių duomenimis šis judėjimas tolydžio greitėja. Tą patvirtina ir faktas, kad XIX a. magnetinių polių judėjimo greitis tebuvo 15 km per metus. Atitinkamai slenka ir šiaurės bei pietų pašvaisčių ovalai. Mokslininkai prognozuoja, kad maždaug po 1000 metų Žemės magnetiniai poliai apsivers. Tyrinėjant paleomagnetinius duomenis nustatyta, kad Žemės magnetinio lauko poliarumas ne kartą keitėsi ir anksčiau, paskutinį kartą tai įvyko maždaug prieš 800 000 metų. Iki šiol nėra visiškai aišku, kas sąlygoja tokius pasikeitimus. Taip pat sunku prognozuoti ir būsimo įvykio padarinius. Gali būti, kad tuomet Žemė laikinai neteks savo magnetinės apsaugos nuo Saulės vėjo. Na, o kol kas galime grožėtis įstabiomis šiaurės pašvaistėmis, kurios mums primena, kad gyvename neramios žvaigždės – Saulės pašonėje.