

Pro memoria

Rimantas Krupickas (1943–2009)



2009 m. spalio 23 d. mirė žinomas Lietuvos geografas, Vilniaus pedagoginio universiteto Regioninės geografijos katedros docentas dr. **Rimantas KRUPICKAS**. Mūsų kolega dirbo įvairiose geografijos mokslo srityse – geomorfologijos, turizmo, edukologijos ir kt., parašė apie 100 mokslinių ir mokslą populiarinančių straipsnių. VPU jis dėstė „Taikomosios geografinės aplinkotyros“, „Sistemų teorijos ir geografijos“, „Geografijos ir etnogenezės“, „GIS ir geografijos mokymo kompiuteriais“ dalykus, vadovavo studentų tolimosioms lauko praktikoms. Norėdamas paskatinti vidurinių mokyklų abiturientus studijuoti geografiją, R. Krupickas 1983 m. įkūrė Respublikinę jaunųjų geografų mokyklą, o 1994 m. ėmėsi leisti geografijos mokytojams skirtą laikraštį „Geografijos aidai“. Pastaraisiais gyvenimo metais R. Krupickas ypač domėjosi lyginamąja planetografija, dėstė šį dalyką

VPU geografams. Pagerbdami mūsų kolegos atminimą nusprendėme išspausdinti paskutinį jo rašinį, analizuojantį Saulės sistemos kūnų planetosferas. Puikiai suprantame, kad straipsnio tematika nelabai dera su deklaruojama mūsų žurnalo tematika, tačiau ginčytis su Rimantu, deja, jau negalime. Tiesą sakant, ginčytis būtų ir beprasmiška, nes Žemės geografijos jam buvo negana.

*Geografijos žurnalo
redakcinė kolegija*

On 23 October 2009, death took away Dr. Rimantas Krupickas, the known Lithuanian geographer, associate professor of the Chair of Regional Geography of the Vilnius Pedagogical University. Dr. R. Krupickas published about 100 papers in various fields of geography, such as geomorphology, tourism, geographical educology. He was lecturing on applied geographical environmental research, geography and ethnogenesis, GIS and computers in teaching geography; also, he guided remote field practice of students. With the aim to stimulate schoolchildren's interest to geography, in 1983 he founded the Lithuanian School of Young Geographers. In 1994, Dr. R. Krupickas initiated the publication of “Geografijos aidai” (“Echoes of Geography”) intended for school teachers.

The main interest of his latest years was comparative planetography. The editorial board of the journal “Geography” decided to publish his last manuscript dealing with the planetospheres of the Solar system bodies. We are fully aware of the fact that the topic of this manuscript does not exactly suit the frames of our journal; unfortunately, it is impossible to raise a discussion with him any more. To tell the truth, the discussion would be senseless because the boundaries of Earth Geography were too narrow for him.

*Editorial board
of the journal *Geografija**

Saulės sistemos kūnų planetosferos¹

Įvadas

Pastaraisiais dešimtmečiais Visatos suvokimas prasitvėrė iki tokių darinių kaip Didžiosios sienos (galaktikų superspiečiai, kuriuose yra apie 1000 mlrd. galaktikų), į jos erdvę įsiskverbta milijardų šviesmečių atstumu, atrastos egzoplanetinės sistemos (per 300). Jau yra 14-os Saulės sistemos planetų, jų palydovų, asteroidų ir net kometos branduolio viso paviršiaus nuotraukos ir, svarbiausia, bendraplanetiniai bei teminiai žemėlapiai (planetolapiai), gaubliai, atlasai (**Žemės**², Mėnulio, **Veneros**, **Marso**, Ijo, Europos, Ganimedo, Eroso, Halėjo kometos ir kt.); dar 11-os jie yra daliniai (**Merkurijaus**, Tritono, Encelado ir kt.). Planetolapių masteliai nuo 1 : 100 000 000 iki 1 : 10 (nedidelių aktualių teritorijų). Jau suvokiama jų gelmių struktūra, atmosferos sudėtis, dalis kitų charakteristikų. Šiuose kūnuose fiksuojamos kelios dešimtys žinomų **Žemėje** ar naujų (apie 40) paviršiaus formų – nuo makro- iki nano- (Albertz ir kt., 2004; Ažusienis ir kt., 2003; Roteri, 2005; Shingareva, Krasnopeceva, 2005; <http://pds.jpl.nasa.gov/planets/>; www.astronet.ru; www.nationalgeographic.com). Taigi susikūrė planetologijos mokslas, kurio dalis – planetografija – yra ir geografų (planetografų) kompetencijos ribose. Geografų tyrimų laukas prasitvėrė šuoliškai, nes planetografinės erdvės, jų tarpkomponentinių ryšių tyrimai tampa svarbiu darbo objektu.

Žmogus planuoja apsigyventi kituose kosminiuose kūnuose, tad geografiškai jau dabar turi tirti jų planetografinius kompleksus, tų kompleksų teritorinę sklaidą, taksonomiją, ypatumus. Taigi būtinas sisteminis planetų kraštovaizdžių (planetovaizdžių) – mėnulvaizdžių, marsovaizdžių – artimiausioje ateityje tyrimas, kuris leistų geriau suvokti ne tik kitų planetų, bet ir **Žemės** planetografinius ypatumus.

Be gilių tyrimų svarbos, aktualėja ir mūsų visuomenės informavimas, mokyklinio bei studijuojančio jaunimo švietimas. Gerų pavyzdžių matome Rusijoje: mokyklose diegiamos pasirenkamosios „Nežemiškų teritorijų geografijos“ bei „Lyginamosios planetologijos“ programos 8–11 klasių moksleiviams (Shingareva, 1999; Shingareva, Krasnopeceva, 2005). Vilniaus pedagoginio universiteto geografiškai jau dėstomas pasirenkamas kursas „Lyginamoji planetografija“, rengiami seminarai mokytojams, todėl būtina analogišką temą numatyti Lietuvos mokyklinės geografijos kurso programoje. Taigi planetografiniai tyrimai svarbūs ne tik

„žemiškų“ ir planetografinių paralelių suvokimui, bet ir geografinio pažinimo plėtrai.

Šio straipsnio **tikslas** – tirti ir suskirstyti Saulės sistemos PPK svarbiausias atskiras ir kompleksines planetografines charakteristikas. Toks įvairių PPK atskirų planetografinių charakteristikų lyginimas ir jų skirstymas nėra atliktas, bet jis būtinas norint susivokti jų įvairovę ir nustatyti perspektyvinių jų tyrimų eiliškumą.

Uždaviniai:

– apibendrinti duomenis apie žinomus planetografinius komponentus Saulės sistemos PPK;

– suskirstyti PPK pagal jų svarbiausias kiekybines ir kokybines planetografines charakteristikas, visų pirma akcentuojant jų dydį;

– atlikti planetografinių komponentų paplitimo PPK kompleksinę analizę ir skirstymą.

Taigi šiame darbe pabandyta į Saulės PPK visumą pažvelgti kaip į planetografinių tyrimų objektus ir grupuoti juos pagal svarbiausias atskiras bei kompleksines planetografines savybes.

Metodika

Straipsnyje remtasi astronomų, astrofizikų bei planetografų sukauptais duomenimis, kuriuos pagal gavimo būdą galima skirstyti į „žemiškus“ bei kosminius. Didžiausi duomenų masyvai sukaupiami stebėjimais iš Žemės optiniame (teleskopai) bei radijo spinduliavimo diapazone (radioteleskopai), tačiau tikrą perversmą padarė kosminiai teleskopai – netrukdomi Žemės atmosferos jie gali kaupti duomenis visuose diapazonuose (nuo gama iki ilgųjų radiobangų). Planetografiniams tyrimams ypač svarbūs kosminiai zondai, kurie praskriedavo, apskriedavo arba nusileisdavo planetose bei jų palydovuose ir perduodavo labai daug dažniausiai kompleksinės ir išsamios informacijos apie jų planetografines savybes. Tos informacijos dalimi, tiek apibendrinta (Albertz ir kt., 2004; Ažusienis ir kt., 2003; Roteri, 2005; Shingareva, Krasnopeceva, 2005; Volkov, 2006; Jones, Stofan, 2008), tiek pačia aktualiausia (www.nasa.gov/planets/); www.astronet.ru, www.astro.lt), ir buvo remtasi šiame straipsnyje. Perkėlimo metodu analizuojama, kaip **Žemėje** išskirti geografiniai komponentai yra paplitę kituose Saulės sistemos kūnuose. Toks perkėlimo metodas yra galimas daugeliui komponentų, nes čia visų pirma akcentuojama agregatinė materijos būseną (kieta, skysta, dujinė, plazminė), kuri yra paplitusi ne tik Saulės sistemoje, bet ir Visatoje. Šis metodas taikomas ir kitiems komponentams, kurie yra plačiai paplitę **Žemėje**, tačiau kituose Saulės sistemos planetiniuose kūnuose kol kas tik formuojasi (technosfera) arba jų ieškoma (biosfera, pedosfera, virgasfera). Biosferos, netgi atmosferų ir hidrosferų egzistavimui didelę reikšmę turi magnetosfera. Ir nors ji

¹ Planetosferos – siūlomas bendrinis Žemės geosferų termino analogas, taikytinas žvaigždžių, turinčių planetines sistemas, planetiniams, planetų palydoviniams, taip pat mažesniems tarpplanetinėms erdvės kūnams (toliau sutrumpintai šie kūnai vadinami PPK); šiame kontekste – ir **Žemei**. Konkrečiai planetai, pavyzdžiui, **Marsui**, labiau tikėtų marsosferų, **Venerai** – venerosferų ir t. t. pavadinimai.

² Planetų pavadinimai paryškinti.

Žemėje nepriskiriama prie geosferinių komponentų, planetografiniuose tyrimuose reikia atsižvelgti į jos buvimą / nebuvimą. Straipsnio tikslas taip pat nurodo, kad vienas svarbiausių panaudotų metodų yra palyginamasis, kuris ir leido padaryti toliau pateiktas išvadas. Kadangi Visatoje egzistuoja bendri dėsniai, šį metodą būtų galima pritaikyti ir egzoplanetinėms sistemoms.

PPK planetografiniai komponentai

sukaupiti duomenys jau leidžia planetinius (jų yra 8), žinomas jų palydovinius (137), taip pat labai gausius kitus Saulės sistemos kūnus suskirstyti pagal svarbiausius planetografinius ypatumus. Nuo seno Saulės sistemos planetos pagal jų skersmens dydį yra skirstomos į Žemės grupės ir didžiąsias (Ažubalis ir kt., 2008). Visus žinomus planetų palydovus taip pat bandoma skirstyti pagal jų dydį (Shingareva, Krasnopevceva, 2005). Čia pateikiamo skirstymo tikslas – į vieną sistemą sutraukti ne tik planetas, jų palydovus, bet ir kitus įvairiadydžius Saulės sistemos kūnus (asteroidus, kometų branduolius, meteorus) (1 pav.).

Didžiųjų planetų grupei (Φ 150.000–50.000 km) priklauso keturios planetos, kurios pagal skersmens dydį sudaro dvi dvejetaines sankaupas: planetų gigantų (**Jupiteris**, **Saturnas**) ir milžinių (Uranas, Neptūnas) (1 pav.). Į Žemės grupės PPK (Φ 15.000–5.000 km) patenka keturios planetos, taip pat trys didžiausi **Jupiterio** (Ganimedas ir Kalista) ir **Saturno** (Titanas) palydovai. Trečioje – didžiųjų palydovų (Φ 4000–1400 km) – grupėje yra 8 palydovai (Mėnulis ir kt.) ir buvusi planeta Plutonas. Ketvirtoje, didžiųjų asteroidų ir vidutinių palydovų, grupėje jau atsiranda netaisyklingos formos asteroidai (schemoje neparodyti), bet jų ilgieji skersmenys gali siekti 1500 (Cereros), 1200 (Palados) ir 760 km (Vestos). Mažųjų palydovų grupė (500–100 km), kaip ir

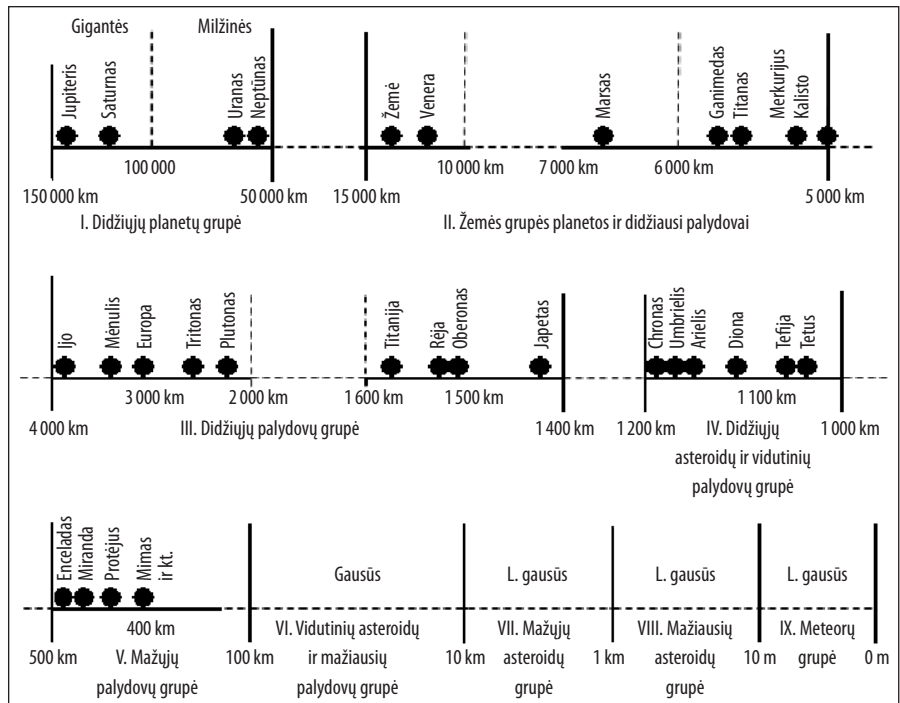
likusios keturios, suskirstytos į orientacines grupes, nes tarp jų nebėra ryškesnių perėjimų (1 pav.). Iš viso išskirtos devynios PPK grupės. PPK skirstymas pagal dydį turi svarbią planetografinę reikšmę, nes nuo dydžio priklauso daugelio kitų charakteristikų parametrai (atmosferos buvimas / nebuvimas, morfostruktūros, morfoskulptūros, planetosferų skaičius ir kt.).

Pabandyta sugrupuoti PPK ir pagal kitas planetografines savybes (1 lentelė).

Palydovų skaičius. Jis turi įtakos kai kurioms planetografinėms savybėms (sukelia potvynius / atoslūgius, daugiau ar mažiau apsaugo nuo asteroidinio / meteorinio bombardavimo ir kt.). Pagal šį rodiklį Saulės sistemos planetos skiriasi į tris aiškias grupes: neturinčias palydovų, turinčias 1–2 palydovus ir turinčias iš karto keliolika–keliasdešimt palydovų (Ažusienis ir kt., 2003) (1 lentelė, a).

Magnetosfera. Pagal jos stiprumą ir apskritai egzistavimą PPK susigrupuoja pakankamai kontrastingai. Visų pirma tai keturios didžiosios planetos, kurios turi galingus magnetinius laukus, ne tik saugančius planetas nuo daugelio išorinių veiksnių, bet ir veikiančius palydovų planetografines sąlygas. Ryškiausias pavyzdys – **Jupiterio** palydovas Ijo, kuriame dėl šios priežasties yra nepaprastai stipri vulkaninė veikla. Dauguma PPK magnetosferos neturi arba ji yra silpna (kol kas žinomi tik penki tokie PPK) (1 lentelė, b). Atrodo, kad tik **Žemė** turi optimalų magnetinį lauką, kuris pakankamai apsaugo mūsų geosferą nuo pernelyg didelio Saulės ir kosmoso poveikio (Roteri, 2005).

Litosfera. Pagal šį požymį PPK išsiskiria didžiųjų planetų grupė, kuri tikriausiai turi tik branduolį, o gal ir litosferą, bet pastaroji yra taip giliai po milžiniškais atmosferos ir hidrosferos storumėmis, kad jos poveikis turėtų būti nedidelis. Kur kas svarbesnis yra branduolys, sukuriantis galingus šių



1 pav. PPK pasiskirstymas pagal skersmens dydį (nuo Encelado likusių kūnų skersmenys mažėja tolygiai) (pagal Ažusienis ir kt., 2003; Šingareva ir kt., 2005)

1 lentelė. Saulės sistemos planetų bei dalies jų palydovų svarbiausios savybės

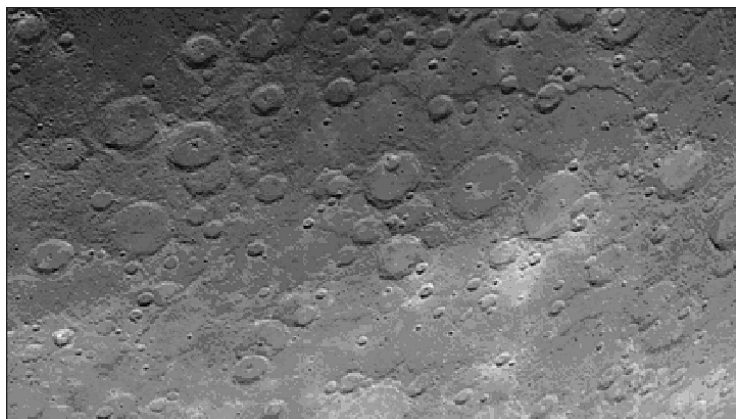
<u>Palydovų skaičius (a)</u>
Nėra: Merkurijus, Venera ir daugelis kitų Mažas: Žemė (1), Marsas (2), Plutonas (1) Didelis: Jupiteris (> 63), Saturnas (> 31), Uranas (> 27), Neptūnas (> 11)
<u>Magnetosfera (b)</u>
Stipri: Jupiteris, Saturnas, Uranas, Neptūnas Vidutinė: Žemė Silpna: Merkurijus, Europa, Ganimedas, Kalista, Marsas Nėra arba labai silpna: Venera, Mėnulis, ir daugelis kitų palydovų
<u>Litosfera (c)</u>
Turi: Žemė, Merkurijus, Venera, Marsas, Mėnulis ir daugelis kitų Neturi: Jupiteris, Saturnas, Uranas, Neptūnas
<u>Tektoninis litosferos aktyvumas (d)</u>
Aktyvi: Ijo Vidutiniškai aktyvi: Žemė, Venera, Marsas, Arielis, Titanija Neaktyvi: Merkurijus, Mėnulis ir daugelis kitų
<u>Paviršiaus kosmoskulptūriškumas (asteroidiniai, meteoritiniai krateriai) (e)</u>
Didelis: Tefija, Rėja, Kalista, Merkurijus, Mėnulis, Amaltėja ir daugelis kitų Vidutinis: Ganimedas Mažas: Žemė, Venera, Europa, Ijo Nėra: Jupiteris, Saturnas, Uranas, Neptūnas
<u>Gyvybė (Žemės tipo) (f)</u>
Su gyvybe: Žemė Su potencialia viltimi: Marsas, Titanas, Europa, Enceladas Be gyvybės: Merkurijus, Venera, Mėnulis, Jupiteris, Saturnas ir daugelis kitų
<u>Atmosfera (g)</u>
Tanki ir stora: Jupiteris, Saturnas, Uranas, Venera, Neptūnas (?) Vidutinė: Žemė, Titanas Reta: Marsas, Ijo, Tritonas, Enceladas, Plutonas, Europa (?) Nėra: Merkurijus, Mėnulis, Kalista ir daugelis kitų
<u>Atmosferos sudėtis (h)</u>
N₂, O₂, H₂O: Žemė H₂, He: Jupiteris, Saturnas, Neptūnas, Uranas, CO₂, N₂: Marsas, Venera N₂, CH₄, NH₃ – Plutonas, Titanas, Tritonas
<u>Paviršiaus temperatūra (i)</u>
Žema: Tritonas (37 °K), Plutonas (40 °K), Neptūnas (56 °K), Uranas (58 °K), Saturnas (95 °K), Titanas (94 °K), Ijo (130 °K), Ganimedas (83–143 °K) ir daugelis kitų Vidutinė: Žemė (+55–80 °C), Marsas (+17°–120 °C) Karšta: Venera (480 °C) Kontrastinga: Merkurijus (+430–180 °C) Vidutiniškai kontrastinga: Žemė (iki 145 °C), Marsas (iki 140 °C) Pastovi: Venera: (iki 2 °C), Uranas (iki 4 °C)

planetų magnetinius laukus. Daugelyje PPK litosfera yra arba vienintelė planetosfera, arba ji turi didžiausią įtaką jų planetografinėms charakteristikoms (1 lentelė, c).

Dabartinis tektoninis litosferos aktyvumas daugelyje PPK yra labai mažas (1 lentelė, d) – tai rodo didžiulis skaičius senų smūginių kraterių, kurie beveik neturi vidinių PPK jėgų deformacijų požymių (2 pav.). PPK formavimosi pradžioje, manoma, ši situacija buvo priešinga (Ažusienis ir kt., 2003; Roteri, 2005; Jones, Stofan, 2008).

Pats didžiausias iš visų Saulės sistemos PPK tektoninis aktyvumas užfiksuotas jau minėtame **Jupiterio** Ijo palydove. Jame vienu metu veikia bent keli vulkaniniai krateriai, kurie išmeta didžiulius, visą jo paviršių dengiančius lavos kiekius (www.astronet.ru).

Visatoje ir visų pirma Saulės sistemoje tebeieškoma *gyvybės požymių*. Tikimasi, kad juos gali turėti keturi planetiniai kūnai: **Marso** planeta, Europos (**Jupiterio**) (3 pav.), Titano ir Encelado (**Saturno**) palydovai (1 lentelė, f). Kokie gi pateikiami argumentai? Visų pirma **Žemėje**, Antarktidos ledyno skyde, gyvos bakterijos atrastos net 2 km gylyje. Neįtikėtinau gausu gyvybės prie vadinamų „juodųjų pypkorių“ vandenynų dugnuose. Nors ten didžiulis slėgis, o iš „pypkorių“ veržiasi itin karštas, netgi nuodingas vanduo, bet gyvybė klesti. Yra ir daugiau ekstremalių pavyzdžių (pvz., atominių elektrinių „karštosios“ zonos). Taigi galbūt **Marso** požeminiuose leduose, Europoje ir Encelade po stora ledo dangą slypinčiame vandenyne ar metaninės Titano atmosferos apsaugotose metaninėse jūrose yra gyvybė. Ją atradus, šuoliškai išaugtų



2 pav. Meteoritinių kraterių išvarpytas Merkurijaus paviršius
(www.astronet.ru)



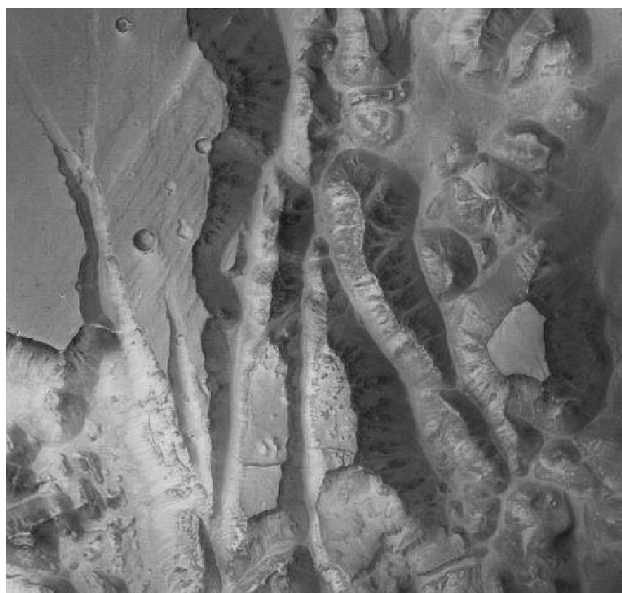
3 pav. Po lediniu Europos paviršiumi gali slypėti gyvybė
(www.astronet.ru)

mūsų supratimas apie Visatos gyvybinę potencialą, nes mažai tikėtina, kad milijonuose Visatos egzoplanetų niekur nesudarė sąlygos gyvybei (bet kokio tipo).

Atmosfera. Pagal šį požymį PPK susiskirsto į keturias nelygiavertes grupes. Didžiausią iš jų sudaro atmosferiniai kūnai. Žemės atmosferos tankį turi tik dvi planetos (1 lentelė, g). Labai storas ir tankias atmosferas turi didžiosios planetos (4 pav.) ir **Venera** (Roteri, 2005). Su reta arba labai reta atmosfera galima priskirti penkis (šešis) PPK. Keliuose iš jų gali būti gyvybės požymių (**Marse**, **Europoje**, **Encelade**) (<http://pds.jpl.nasa.gov/planets/>).

Atmosferą turinčių PPK **atmosferos sudėtis** nėra įvairi (1 lentelė, h). Vieną grupę sudaro didžiosios planetos su vandenilio ir helio atmosferomis, likusią – azotinės su didesne ar mažesne kitų dujų priemaiša (CO_2 vyrauja **Marse** ir **Veneroje**, o ryškų deguonies kiekį turi tik **Žemė**) (Ažusienis ir kt., 2003).

Didžiosios PPK dalies **paviršiaus temperatūra** labai žema – neviršija $150\text{ }^\circ\text{K}$ ($-23\text{ }^\circ\text{C}$) (1 lentelė, i). Karšta atmosfera būdinga tik **Venerai**. Teigiama, kad tai lėmė didelio CO_2 kiekio sukeltas šiltnamio efektas (Roteri, 2005). Vidutinės temperatūros atmosferoms priskirtinos tik **Žemės** ir **Marso** planetos. Jos taip pat turi vidutinio kontrastingumo temperatūrų amplitudę, siekiančią $140\text{--}145\text{ }^\circ\text{C}$. Neįtikėtina pastovia temperatūra pasižymi tik dvi planetos: **Venera** ir **Uranas** (1 lentelė, i). **Veneros** atveju ją palaiko stiprūs cirkuliaciniai



4 pav. Atmosferiniai sūkūriai Jupiterio paviršiuje (www.astronet.ru)

atmosferiniai procesai, o **Urane** – tikriausiai didelis nuotolis nuo Saulės. Prie mažai kontrastingos atmosferos temperatūrų grupės galbūt bus galima priskirti ir kitas didžiąsias planetas, bet tam dar trūksta duomenų (Ažusienis ir kt., 2003; Jones, Stofan, 2008; www.astronet.ru).

Planetosferiniai kompleksai

Iš žinomų 8-ių planetosferinių komponentų rinkinio kol kas yra unikali tik **Žemė**, turinti pilniausią ir geriausiai išreikštą visų geosferų (planetosferų) rinkinį (2 lentelė). Prie jos artėja tik **Marsas**, turintis technosferos užuomazgas (kosminių laivų dalys, visureigiai, jų vėžės) ir, kol kas hipotetiškai, biosferą ar jos buvimo pėdsakus, pedosferą bei hidrosferą (sniegas, požeminis ledas). Mūsų preliminarūs tyrimai leidžia teigti, kad **Marsas** bei dalis kitų kosminių kūnų (Mėnulis), kaip ir **Žemė**, turi virgasferas (Krupickas, 1998).

Kitų kosminių kūnų planetosferinių komponentų rinkinys mažesnis: Mėnulio, **Veneros**, **Jupiterio**, **Saturno**, **Europos**, **Neptūno**, **Urano** – trys, **Merkurijaus**, **Eroto** – tik du, o daugiausia yra turinčių tik vieną – litosferos – komponentą (1 lentelė, c). Tolesni kosmoso tyrimai, be abejo, atskleis daugiau planetosferinių komponentų (pavyzdžiui, technosferos), tačiau reikia pabrėžti, kad dalis PPK turi tik užuomazgas ar neišvystytas sferas. Antai jau minėtas technosferos užuomazgas, kurios yra išimtinai žemiškos kilmės, turi Mėnulis, **Marsas**, **Venera**, Titanas; atmosferos – **Marsas**, Ijo ir kt.; hidrosferos – **Marsas**. Tačiau kai kurios planetos, atvirkščiai, turi hipertrofuotai storas atmosferas ir hidrosferas (**Jupiteris**, **Saturnas**, **Uranas**, **Neptūnas**), pavyzdžiui, **Jupiterio** atmosferos storis siekia 1000 km, po ją slypinčios hidrosferos iš skysto vandenilio storumė gali būti dešimties tūkstančių kilometrų; ar giliau yra litosfera, ar tik planetos branduolys, kol kas sunku pasakyti. Yra planetinių palydovų, kurie turi ledinę hidrosferą ir po ją slypinčią litosferą (Europa, Ganimedas, Kalista, Enceladas), tačiau didžioji planetų palydovų ir ypač asteroidų dalis turi tik litosferą, kurios nesaugo net magnetosferos laukas. Dalis jų anksčiau ar vėliau įgaus technosferos užuomazgų, kaip, pavyzdžiui, Tempel 1 kometos branduolys, į kurį nusileido kosminis aparatas; paminėtinas bandymas smūgiuoti Eroto asteroidą, norint pakeisti jo skrydžio trajektoriją.

Taigi artimiausias žemiškoms sąlygoms yra tik **Marsas**, turintis septynias planetosferas, tačiau ir jis yra mums gana svetimas. Visų pirma **Marsas** yra du kartus mažesnis už **Žemę**, jo atmosferos slėgis yra tik 0,6 % **Žemės** slėgio ir ji sudaryta beveik vien iš CO₂ (95 %). Taigi **Marsas**, o ypač **Venera**, turinti daug storesnę ir tankesnę CO₂ atmosferą, galbūt galėtų būti modeliais tiriant kraštutines „šiltnamio efekto“ situacijas.

Marso atmosferoje yra 100–200 kartus mažiau vandens molekulių nei **Žemės** dykumose (Roteri, 2005), tačiau jo paviršiuje užfiksuotos vadės, griovos, netgi sūraus vandens telkinio (jūros?) krantai (Albertz ir kt., 2008; www.astronet.ru) rodo, kad vandens būta (5 pav.). Dabar jo sankaupos fiksuojamos ašigalinėse sniego „kepurėse“, požeminio CO₂ ir vandens ledo pavidalu. Tokią itin sausos atmosferos bei minimalaus vandens kiekio situaciją gal galima panaudoti modeliuojant ekstremalią aridizaciją ir dykumos išplitimą **Žemėje**.

Prognozuojamas **Žemės** magnetinių polių apsikeitimas vietomis ir su tuo susijęs laikinas magnetosferos susilpnėjimas ar net išnykimas taip pat galėtų būti modeliuojamas remiantis daugelio PPK, neturinčių arba turinčių silpnas magnetosferas (**Marsas**), pavyzdžiais.

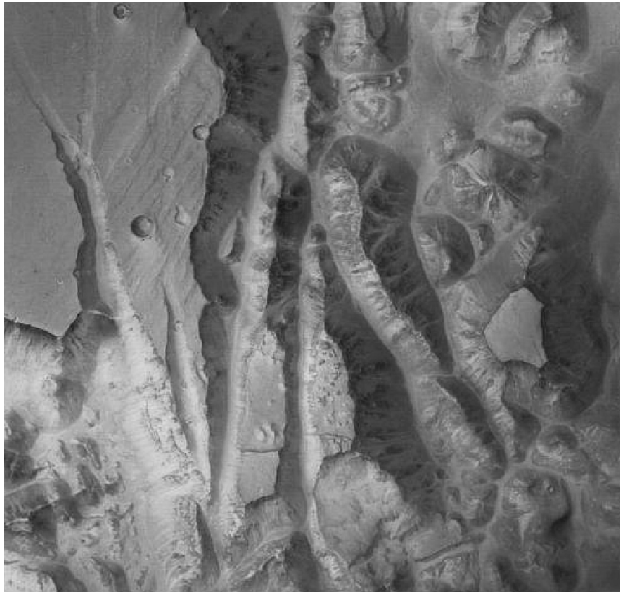
Iš pirmos lentelės taip pat aiškėja, kad dauguma Saulės sistemos PPK savybių pasiskirstė labai netolygiai. Pavyzdžiui, pagal magnetosferos, litosferos, atmosferos, gyvybės buvimą ar nebuvimą, paviršiaus kosmoskulptūriškumą, temperatūrą didžiausia dalis šių kūnų patenka į „...ir dauguma kitų“ grupes. Į likusią dalį, sudarytą iš įvairių savybių rinkinių, patenka tik 32 % šių kūnų (47 iš 145).

Taigi planetosferų rinkinio analizė atskleidė, kad atskirti pagal jo pilnumą, kurie palydovai gali būti „planetografiški“, o kurie ne, yra problemiška. Nebent išskirtume VI–IX grupes (1 pav.), kurias sudaro tik litosferą turintys PPK (galbūt išskyrus jau kelis minėtus, kurie turi užuomazgines technosferas). Tačiau šis kriterijus nėra pagrindinis įtraukiant ar eliminuojant juos iš planetografų domėjimosi lauko.

Dar vienu kriterijumi galėtų būti palydovinių kūnų sferiškumas. Pagal tai jie skirstomi į dvi gana aiškias grupes: taisyklingus sferinius ir daugiau ar mažiau sferoidinius, atitinkamai 28 (~20 %) ir 117 (~80) % PPK. Dalis tokių kūnų skrieja neseniai atrastoje Koiperio juostoje, esančioje už Plutono orbitos, kurioje tikriausiai yra ir daugiau sferinių ir dešimties tūkstančių sferoidinių kūnų. Iš Koiperio juostos galbūt kilo dar vis diskusinių statusą turinti planeta / neplaneta Plutonas su savo palydovu Charonu (Roteri, 2005). Taisyklingi sferiniai kūnai yra didžiausi ir dažniausiai turi didesnę planetosferų rinkinį, taigi jie yra planetografiškesni. Todėl planetografams pirmiausiai reikėtų sutelkti dėmesį būtent į juos, žinoma, „neatiduodant“ ir likusiųjų tik planetologams – juk vienas iš asteroidų (5,1 × 1, 8 km dydžio) netgi pavadintas Geografu.

2 lentelė. Planetosferinių komponentų rinkinys

P ₃ – pilnas (8) –	Žemė (M + A + H + L + B + P + V + T)	
P ₂ – dalinis (5–7):	Marsas (m + a + h + L + v + t + b?), Titanas (A + H + L + t + b?)	
P ₁ – mažas (2–3):	Venera (A + L + t), Mėnulis (L + V + t), Jupiteris, Saturnas, Uranas, Neptūnas (M + A + H), Europa (h + L + b?), Ganimedas, Kalista (m + H + l), Merkurijus (m + l), Erosas (L + t), Enceladas (l + H + b (?))	
P ₀ – mono:	dauguma palydovų, asteroidų (Fobas, Deimas, Tefija) (L)	
Planetosferiniai komponentai		
1. Magnetosfera (M, m)	5. Biosfera (B, b)	M, A, H,... – ryškūs
2. Atmosfera (A, a)	6. Pedosfera (P, p)	m, a, h,... – silpnai išreikšti
3. Hidrosfera (H, h)	7. Virgasfera (V, v)	
4. Litosfera (L, l)	8. Technosfera (T, t)	



5 pav. Erozinis Marso paviršius (www.astronet.ru)

Išvados

1. Sukaupti duomenys apie Visatą, jos Saulės sistemos planetų, jų palydovų, kitų tarpplanetinių kūnų, o netolimoje ateityje ir egzoplanetų planetologines ir ypač planetografines sąlygas, tų žinių svarba mokslui, pasaulėžiūrai, mokyklinei, studijuojančiai bei visai visuomenei verčia į jų tyrimus bei pastarųjų propagavimą aktyviai įsitraukti ir Lietuvos geografus.

2. Gana dideli PPK charakteristikų skirtumai leidžia juos skirstyti pagal dydį, palydovų skaičių, magnetosferos egzistavimą, litosferos buvimą, tektoninį jos aktyvumą, gyvybės, atmosferos egzistavimą ir kt. į aiškias, bet nelygiavertes skaičiumi grupes (didžiausias PPK skaičius patenka į „...ir dauguma kitų“ grupes). Kaupiantis naujiems, tikslesniems duomenims, pateikti skirstymai galės būti pildomi, koreguojami.

3. Saulės sistemoje pagal planetosferų rinkinio pilnumą unikali yra tik **Žemė**. Artimiausias **Žemei Marsas** šiuo požiūriu gerokai nuo jos atsilieka: jis nors ir turi 6-į (7-į?) planetosferų rinkinį, bet dalis jų yra neryškios, užuomazginės ar net diskusinės (biosfera). Kitų planetų bei jų palydovų planetografiniai rinkiniai dar mažesni, be to, dalis jų taip pat yra tik užuomazginiai.

4. Gana įvairios PPK planetografinių komponentų kombinacijos galėtų būti panaudotos prognozuojant, modeliuojant kai kuriuos **Žemės** geoerdvėje vykstančius procesus (šiltnamio efekto, dykumos plėtros ir kt.).

Literatūra

1. Ažusienis A., Pučinskas A., Straizys V. 2003. *Astronomija*. Vilnius: Kultūra.
2. Albertz J., Gehrke S. 2004. Die ersten Blätter des neuen kartenwerks "Topogrphic Jurage Map Mars 1 : 200. 000". *Vorträge 24. Jahrestagung der DGPF*. Band 13: 555–564.
3. Jones T., Stofan E. 2008. *Planetology: Unlocking the Secrets of the Solar System*. National Geographic Society.
4. Juška A. 1985. *Saulės šeima*. Vilnius: Mokslas.
5. Krupickas R. 1998. Dėl naujos geografinės sferos išskyrimo. *Geografijos metraštis*. 31: 495–500.
6. Roteri D. 2005. *Planety*. Moskva: FAIR-PRESS.
7. Shingareva K. B. 1999. Geografiya vnezemnykh teritoriy. *Geografija*. 47.
8. Shingareva K. B., Krasnopeceva B. V. 2005. Solnechnaya sistema. Atlas. Moskva: DIK, DROFA.