

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტი



სემინარი

დედამიწის ჯგუფის პლანეტების გეოლოგია

ირაკლი ჯავახიშვილი

თბილისი

2020

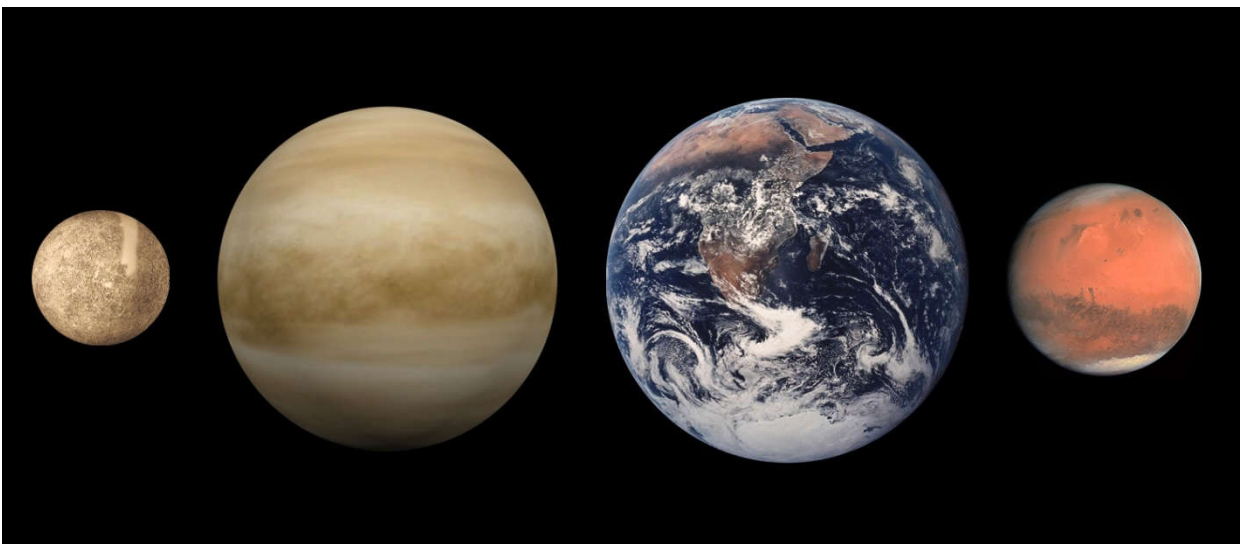
## შინაარსი

პლანეტარული გეოლოგია .....	3
მერკური .....	3
გეოლოგია და შინაგანი აგებულება .....	4
ზედაპირი .....	6
კრატერები .....	7
ბუნებრივი პირობები .....	9
ვენერა .....	9
ვენერას ზედაპირის შესწავლა .....	11
აპს „მაგელანი“-ს კვლევითი პროგრამა .....	11
ტოპოგრაფია .....	12
დარტყმითი კრატერები (იმპაქტური კრატერები) .....	13
ვულკანიზმი .....	14
ლავეური ნაკადები და არხები .....	15
ტექტონიკური აქტივობა .....	16
შიდა აგებულება და მაგნიტური ველი .....	18
ქერქის განახლება .....	18
თანამედროვე პროცესები ზედაპირზე .....	18
მარსი .....	20
მარსის შიდა აგებულება .....	21
ფარსიდას და ელიზიის ვულკანური პროვინციები .....	22
იმპაქტური კრატერები .....	22
კანონების სისტემა ეკვატორზე .....	24
გეოლოგიური ისტორია .....	25
სედიმენტოლოგია .....	26
გამოყენებული ლიტერატურა .....	26

## პლანეტარული გეოლოგია

პლანეტარული გეოლოგია (ან კოსმოსური გეოლოგია, ასტროგეოლოგია, ეგზოგენოლოგია) პლანეტოლოგიის ნაწილია, რომელიც შეისწავლის ციურ სხეულთა გეოლოგიას, როგორც ვარსკვლავები, პლანეტები, თანამგზავრები, ასტეროიდები, კომეტები და მეტეორიტები. ამ შემთხვევაში, პრეფიქსი გეო-, არ არის დაკავშირებული დედამიწასთან, მაგრამ ხაზს უსვამს პლანეტური და ტრადიციულ - დედამიწისეულ გეოლოგიას შორის მჭიდრო ურთიერთობას.

პლანეტარული გეოლოგიის ამოცანები, უპირველეს ყოვლისა, მოიცავს დედამიწის ჯგუფის პლანეტების შიდა აგებულების შესწავლას, პლანეტარულ ვულკანიზმს, ისევე როგორც ზედაპირულ მოვლენებს, როგორცაა იმპაქტური (დარტყმითი) კრატერების წარმოქმნა, ეროზიული და ეოლიური პროცესები. ასევე განიხილება მზის სისტემის გიგანტური პლანეტებისა და მცირე სხეულების აგებულება, როგორცაა ასტეროიდები, კოიპერის სარტყლის ობიექტები და კომეტები.



სურ. 1. დედამიწის ჯგუფის პლანეტები: მერკური, ვენერა, დედამიწა და მარსი

## მერკური

მერკური — მზის სისტემის პირველი და მზის უახლოესი პლანეტაა. მას დაარქვეს ვაჭრობის ძველი რომაული ღმერთის - მერკურის საპატივცემლოდ, რადგან ის სხვა პლანეტებზე

უფრო სწრაფად მოძრაობს ცაზე. ერთი ბრუნის პერიოდს მზის გარშემო მხოლოდ 87,97 დღე სჭირდება, რაც ყველაზე მოკლეა მზის სისტემის ყველა დანარჩენი პლანეტასთან შედარებით.

მერკური მიეკუთვნება დედამიწის ჯგუფის პლანეტებს. თავისი ფიზიკური მახასიათებლებით, მერკური ჰგავს მთვარეს. მას არ აქვს ბუნებრივი თანამგზავრები, მაგრამ აქვს ძალიან სუსტი ატმოსფერო. პლანეტას აქვს რკინის (?) მსხვილი ბირთვი, რომელიც არის მაგნიტური ველის წყარო, რომლის ინტენსივობა დედამიწის მაგნიტური ველის 0,01-ია. მერკურის ბირთვი მთლიანი პლანეტის 83% -ს შეადგენს. მის ზედაპირზე ტემპერატურა 80 -დან 700 K -მდე მერყეობს (190 -დან +430 °C -მდე). მზიანი მხარე გაცილებით მეტად ცხელდება, ვიდრე პოლარული არეები და პლანეტის მზის სხივების მოკლებული მხარე.

მერკურის რადიუსი მხოლოდ  $2439.7 \pm 1.0$  კილომეტრია, რაც უფრო მცირეა ვიდრე პლანეტა იუპიტერის თანამგზავრის — განიმედეს და სატურნის თანამგზავრის — ტიტანის რადიუსები. მიუხედავად იმისა, რომ მერკურის უფრო მცირე რადიუსი აქვს, მას უფრო დიდი მასა აქვს ვიდრე განიმედეს და ტიტანს. პლანეტის მასა არის 3.3-1023 კგ. მერკურის საშუალო სიმკვრივე საკმაოდ მაღალია - 5.43 გ / სმ<sup>3</sup>, რაც დედამიწის სიმკვრივეზე ოდნავ ნაკლებია. იმის გათვალისწინებით, რომ დედამიწა გაცილებით დიდია, მერკურის სიმკვრივის მნიშვნელობა მიუთითებს ლითონების გაზრდის შემცველობას მის წიაღში.

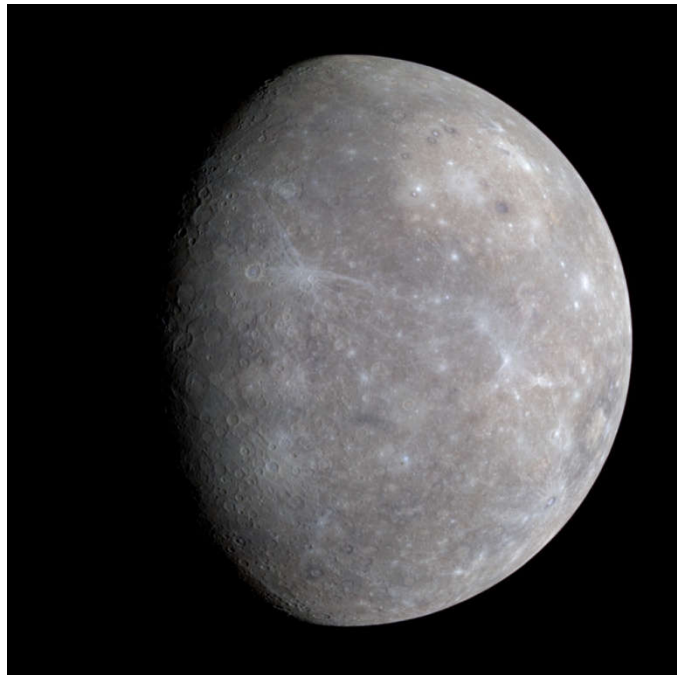
## გეოლოგია და შინაგანი აგებულება

რადგან Mariner -10 -ის კოსმოსურმა ხომალდმა აღმოაჩინა მერკურის სუსტი მაგნიტური ველი, ბოლო დრომდე ვარაუდობდნენ, რომ მერკურის წიაღში არის ლითონის მყარი ბირთვი, რომლის რადიუსია 1800-1900 კმ, რომელიც პლანეტის მასის 60% -ს წარმოადგენდა. ითვლებოდა, რომ ასეთი მცირე ზომის პლანეტას შეუძლებელი იყო ჰქონოდა თხევადი ლითონის ბირთვი. 2007 წელს ჟან-ლუკ მარგოს ჯგუფმა შეაჯამა მერკურის ხუთწლიანი სარადარო დაკვირვების შედეგები, რომლის დროსაც პლანეტის ბრუნვის ცვალებადობა შეინიშნებოდა, რომელიც ძალიან დიდი იყო მყარ ბირთვიანი წიაღის მქონე პლანეტის მოდელისთვის. ამიტომ, დღეს დარწმუნებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ პლანეტის ბირთვი მხოლოდ თხევადია. ბირთვი გარშემორტყმულია სილიკატური მანტიით რომლის სისქე - 500-600 კმ-ია.

მარინერ-10-ის მონაცემებით და დედამიწიდან დაკვირვებით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ პლანეტის ქერქის სისქე 100-დან 300 კმ-მდეა. აპს მესენჯერის კვლივით შეგროვებული მონაცემების ანალიზმა “Airy”-ს იზოსტაზიის მოდელის გამოყენებით აჩვენა, რომ მერკურის ქერქის სისქე (სიმძლავრე) არის  $26 \pm 11$  კმ. მერკურის თხევადი რკინა-ნიკელის ბირთვი მისი დიამეტრის დაახლოებით  $3/4$ -ს შეადგენს, რაც დაახლოებით მთვარის ზომის ტოლია. ის ძალიან მასიურია, სხვა პლანეტების ბირთვებთან შედარებით. მერკურის ბირთვში რკინის კონცენტრაცია უფრო მაღალია, ვიდრე მზის სისტემაში ნებისმიერ სხვა პლანეტაზე. ამ ფაქტის ახსნის მიზნით შემოთავაზებულია რამდენიმე თეორია. ერთ-ერთი თეორიის თანახმად, რომელიც ყველაზე ფართოდ არის მხარდაჭერილი სამეცნიერო საზოგადოებაში, მერკურის თავდაპირველად ჰქონდა ლითონებისა და სილიკატების იგივე თანაფარდობა, როგორც ჩვეულებრივ მეტეორიტში, და მისი მასა 2.25-ჯერ აღემატებოდა თანამედროვე მასას. თუმცა, მზის სისტემის ისტორიის დასაწყისში, მერკურის შეეჯახა პლანეტის მსგავსი სხეული 6-ჯერ ნაკლები მასით და რამდენიმე ასეული კილომეტრის სიგანით. რის შედეგადაც, პლანეტისგან მოწყდა თავდაპირველი ქერქის უდიდესი ნაწილი, რის გამოც გაიზარდა პლანეტაში ბირთვის შეფარდებითი წილი. ანალოგიური ჰიპოთეზა, რომელიც ცნობილია როგორც „გიგანტური შეჯახების თეორია“, შემოთავაზებულია ასევე მთვარის წარმოქმნის ასახსნელად. მაგრამ, ამ ვერსიას ეწინააღმდეგება აპს ”მესენჯერის” გამა-სპექტრომეტრის მერკურის ზედაპირის ელემენტური შემადგენლობის პირველი მონაცემები, რაც შესაძლებლობა მოგვცა რადიოაქტიური იზოტოპების შემადგენლობის გაზომვას: აღმოჩნდა, რომ მერკურის შემადგენლობაში ელემენტი კალიუმის ბევრი არასტაბილური იზოტოპია, რაც შეუსაბამოა მაღალ ტემპერატურასთან, ანუ სავარაუდო შეჯახებასთან. აქედან გამომდინარე, ვარაუდობენ, რომ მერკურის ელემენტური შემადგენლობა შეესაბამება მის პირველად ელემენტურ შემადგენლობას, რომლიდანაც იგი ჩამოყალიბდა და ახლოსაა ენსტატიტურ ქონდრიტებთან და უწყლო კომეტურ ნაწილაკებთან. თუმცა, მონაცემები ენსტატიტურ ქონდრიტებში რკინის შემცველობაზე საკმარისი არ არის მერკურის მაღალი საშუალო სიმკვრივის ასახსნელად.

## ზედაპირი

მერკურის ზედაპირი ძალიან ჰგავს მთვარის ზედაპირს — აღინიშნება ბევრი კრატერი. ზედაპირზე კრატერების სიმჭიდროვე განსხვავებულია სხვადასხვა ადგილებში. ახალგაზრდა კრატერებიდან, ისევე როგორც მთვარის კრატერებზე, აღინიშნება სხივოსნური სტრუქტურები, რომლებიც გადაჭიმულია სხვადასხვა მიმართულებით. ვარაუდობენ, რომ კრატერებით უფრო დატვირთული ტერიტორიები უფრო ძველია, ხოლო კრატერების ნაკლები რაოდენობა ახასიათებს უფრო ახალგაზრდა ადგილებს, რომელიც ძველი ზედაპირის ლავით „დატბორვის“ დროს ჩამოყალიბდა. ამავე დროს, მსხვილი კრატერები ნაკლებად არის გავრცელებული, ვიდრე მთვარეზე.



სურ. 2. მერკური

მერკურიზე უმსხვილესი კრატერია „სიცხის ვაკის“ აუზი (1525 × 1315 კმ). საკუთარი სახელის მქონე კრატერებს შორის პირველ ადგილს იკავებს ორჯერ მცირე ზომის „რემბრანტის“ კრატერი, მისი დიამეტრი 716 კილომეტრია. ამასთან, მერკურის და მთვარის შორის მსგავსება არასრულია — მერკურიზე არსებობს ისეთი წარმონაქმნები, რომლებიც მთვარეზე არ გვხვდება. მერკურისა და მთვარის მაღალმთიან ლანდშაფტებს შორის მნიშვნელოვანი განსხვავებაა. მერკურის ზედაპირზე შეინიშნება მრავალრიცხოვანი „კბილი“ (ესკარპი). ამ სტრუქტურის

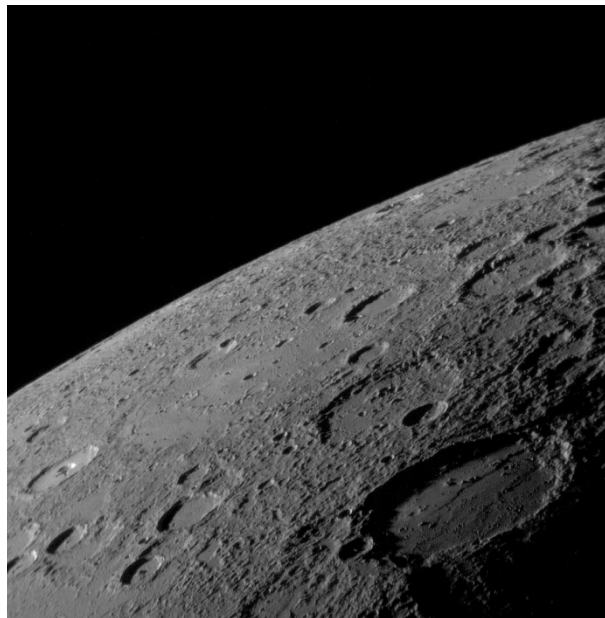
შესწავლამ აჩვენა, რომ ის წარმოიშვა პლანეტის შეკუმშვის დროს, რომელიც გამოწვეული იყო პლანეტის გაცივებით, რის შედეგადაც მერკურის ზედაპირი 1% -ით შემცირდა. მერკურის ზედაპირზე კარგად შემონახული დიდი კრატერების არსებობა მიგვითითებს, რომ ბოლო 3-4 მილიარდი წლის განმავლობაში არ ყოფილა ქერქის ფართომასშტაბიანი მოძრაობა, ისევე როგორც ზედაპირული ეროზია, ეს უკანასკნელი თითქმის მთლიანად გამორიცხავს შეხედულობას, რომ მერკურის ოდესღაც ჰქონდა ატმოსფერო. "მესენჯერის" გამოკვლევით, რომელმაც გადაიღო მერკურის მთელი ზედაპირი, გაირკვა, რომ ის ერთგვაროვანია. იგი არ ჰგავს მთვარეს ან მარსს, რომელთა ერთი ნახევარსფერო მკვეთრად განსხვავდება მეორესგან. მერკურიზე ყველაზე მაღალი წერტილი (საშუალოდან +4,48 კილომეტრზე მეტი საშუალო სიმაღლეზე) ეკვატორის სამხრეთით მდებარეობს პლანეტის ერთ-ერთ უძველეს ნაწილში, ხოლო ყველაზე დაბალი წერტილი (-5.38 კილომეტრი საშუალო დონიდან) მდებარეობს „რახმანიზის“ აუზის ძირში და გარშემორტყმულია მთების ორმაგი რკალით, რომელიც, მეცნიერების აზრით, პლანეტაზე ერთ – ერთი ბოლო ვულკანური გამოვლინებაა. მესენჯერის აპარატის რენტგენოფლუორესცენსული სპექტრომეტრის (XRF) გამოყენებით ზედაპირის ელემენტური შედგენილობის შესახებ პირველმა მონაცემებმა აჩვენა, რომ ის ღარიბია ალუმინიუმით და კალციუმით მთვარის კონტინენტური რეგიონების პლაგიოკლაზებთან შედარებით. ამავე დროს, მერკურის ზედაპირი შედარებით გაღარიბებულია ტიტანით და რკინით და მდიდარია მაგნიუმით და იკავებს შუალედურ პოზიციას ტიპიურ ბაზალტებსა და ულტრაბაზიტულ ქანებს შორის, როგორცაა, მაგალითად, დედამიწის კომატიტები. ასევე მერკურის ზედაპირზე შეინიშნება გოგირდის შედარებით მაღალი შემცველობა, რაც სავარაუდოდ, გულისხმობს, პლანეტის ზედაპირის ფორმირების დროს ალდგენითი პროცესების პირობებს.

## კრატერები

კრატერების ზომა მერკურის ზედაპირზე მერყეობს, წვრილი თასისებრი ფორმის პატარა ღრმულებამდე, რამოდენიმე რგოლის მქონე იმპაქტურ (დარტყმითი) კრატერამდე რომელთა ზომა რამოდენიმე ასეულ კილომეტრს აღწევს. კრატერები თავისი ფორმის დაკარგვის სხვადასხვა სტადიაზე იმყოფებიან, რაც მეტყველებს იმიზე, რომ მათი შეჯახება მერკურისთან სხვადასხვა პერიოდში მოხდა. მათ შორის შედარებით კარგად არის შემონახული კრატერები, რომლებს

მიდამოებში შეინიშნება სხივოსნური სტრუქტურა, რომელიც ჩამოყალიბდა შეჯახების დროს მასალის ამოტყორცნის შედეგად. ზოგიერთ კრატერს თითქმის მთლიანად მოშლილი აქვს თავდაპირველი სტრუქტურა. მერკურის კრატერები განსხვავდება მთვარის კრატერებისგან, ამოტყორცნილი მასალის უფრო მცირე ორეოლით მერკურის უფრო დიდი სიმძიმის ძალის გამო.

მერკურის ზედაპირის ერთ – ერთი ყველაზე შესამჩნევი ნაწილი არის „სიცხის ვაკე“ (ლათ. Caloris Planitia), რომელმაც მიიღო ასეთი სახელი, რადგან ის მდებარეობს ერთ-ერთი "ცხელი გრძედის" მახლობლად. ეს ლავური ვაკე ავსებს კრატერს (იმპაქტურ აუზს), რომლის ზომა 1525 × 1315 კმ - და ყველაზე დიდია პლანეტაზე. მისი „კედლის“ სიმაღლე ზოგ ადგილას (სიცხის მთები) აღემატება 2 კილომეტრს. ვაკის ცენტრში განვითარებულია ღარების თავისებური სისტემა, რომელსაც «პანთეონი» ეწოდება. სავარაუდოდ, სხეულს, რომლის გავლენითაც წარმოიშვა კრატერი, ჰქონდა დიამეტრი მინიმუმ 100 კმ. ზემოქმედება იმდენად ძლიერი იყო, რომ სეისმურმა ტალღებმა მთელს პლანეტაზე გაიარა და, გამოიწვია აქ ერთგვარი უხეში “ქაოტური” პეიზაჟის შექმნა. მერკურის ზედაპირის ყველაზე ნათელი მხარეა 60 კილომეტრიანი კუპერის კრატერი. ეს არის, ალბათ, პლანეტის ყველაზე ახალგაზრდა და ყველაზე დიდი კრატერი. 2012 წელს მეცნიერებმა მერკურის ზედაპირზე აღმოაჩინეს კრატერების კიდევ ერთი საინტერესო თანმიმდევრობა. მათი კონფიგურაცია ჰგავს მიკი მაუსის სახეს. ალბათ მომავალში კრატერების ამ ჯაჭვმა მიიღებს თავის სახელს.



სურ. 3. კრატერები მერკურიზე



## ბუნებრივი პირობები

მზესთან სიახლოვე და პლანეტის საკმაოდ ნელი ბრუნვა, ისევე როგორც ძალიან იშვიათი ატმოსფერო, იწვევს იმ ფაქტს, რომ მზის სისტემაში ყველაზე მწვავე ტემპერატურული ცვლილებები მერკურიზე ფიქსირდება. ამას ასევე ხელს უწყობს მერკურის ფხვიერი ზედაპირი, რომელიც სითბოს ცუდად ატარებს. პლანეტის ზედაპირი სწრაფად თბება და ცივდება, მაგრამ უკვე 1 მ სიღრმეზე ყოველდღიური ტემპერატურული რყევები არ იგრძნობა და ტემპერატურა სტაბილური ხდება და უტოლდება დაახლოებით  $+75^{\circ}\text{C}$ . მერკურიზე დღის პირობებში ზედაპირის საშუალო ტემპერატურაა  $623\text{ K}$  ( $349.9^{\circ}\text{C}$ ), ხოლო ღამის ტემპერატურა  $103\text{ K}$  ( $-170.2^{\circ}\text{C}$ ). მერკურიზე მინიმალური ტემპერატურაა  $90\text{ K}$  ( $-183.2^{\circ}\text{C}$ ), ხოლო მაქსიმუმი „ცხელ გრძივებზე“ შუადღეს აღინიშნება, როდესაც პლანეტა პერიჰელიუმშია –  $700\text{ K}$  ( $426.9^{\circ}\text{C}$ ). ამ პირობების მიუხედავად, ცოტა ხნის წინ გაჩნდა ვარაუდი, რომ მერკურის ზედაპირზე შეიძლება არსებობდეს ყინულიც. პლანეტის პოლარულისპირა არეების სარადარო კვლევებმა აჩვენა დეპოლარიზაციის უბნების არსებობა 50-დან 150 კმ-მდე, რადიოტალღების ამრეკვლავი ნივთიერების ყველაზე სავარაუდო კანდიდატი შეიძლება იყოს ჩვეულებრივი წყლის ყინული. წყალი მერკურის ზედაპირზე ხვდება კომეტების მეშვეობით, წყალი იორთქლდება და ორთქლის სახით მოძრაობს პლანეტაზე, სანამ იგი არ გაიყინება პოლარულ რეგიონებში ღრმა კრატერების ფსკერზე, სადაც მზის სხივები არასდროს ვხვდება და სადაც ყინული შეიძლება შენარჩუნდეს დიდი ხნის განმავლობაში.

## ვენერა

ვენერას ზედაპირი გადაფარულია ღრუბლების სქელი ფენით და არაა ხელმისაწვდომი ოპტიკური დაკვირვებებისათვის, ამიტომ ცნებები თანამედროვე ვენერას ზედაპირის გეოლოგიურ სტრუქტურებზე დაფუძნებულია რადარულ გამოკვლევებზე. ინფორმაციის ძირითადი ნაწილი, ვენერას ზედაპირის შესახებ, მიღებული იყო აპს „მაგელან“ (AMC NASA «Magellan») - ის მიერ, რომელიც მუშაობდა ორბიტაზე 1990 წლის აგვისტოდან - 1994 წლის სექტემბრამდე და თავისი რადარით მოახდინა ვენერას ზედაპირის 98% კარტოგრაფირება (რომლიდან 22% სამგანზომილებიან ფორმატში).

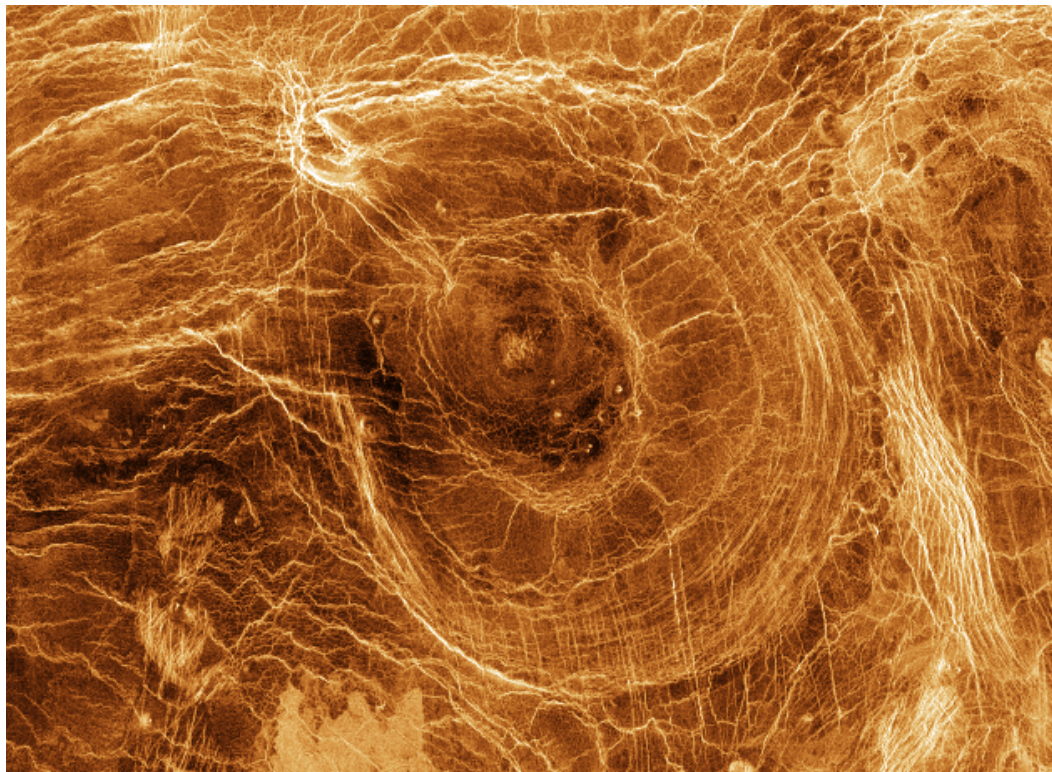
ვენერას ზედაპირზე შეინიშნება ბაზალტური ვულკანიზმის კვალი, რომელიც ხასიათდებოდა ფარისებრი და კომპოზიტური ვულკანებით, რომლებიც ჰგავს დედამიწის ვულკანებს, მაგრამ მათ წარმოშობაში დიდი როლი ითამაშა მკვრივი მასიური ატმოსფერო და მაღალი ზედაპირული ტემპერატურა დაახლოებით — 475 °C.

მთვარისგან, მერკურისგან და მარსისგან შედარებით ვენერას ზედაპირზე ფაქტიურად არ აღინიშნება კრატერები, რაც აიხსნება მრკვირი და სქელი ატმოსფეროს დაცვითი მოქმედებით.

რელიეფის უჩვეულო ფორმებიდან აღინიშნება:

- გვირგვინები — ზედაპირის გვირგვინის მსგავსი ექსტრუზიული ნაწილები;
- ტესერები — მსხვილი ოლქები, რომლებშიც აღინიშნება ძლიერ დეფორმირებული და გადაჭრილი ლანდშაფტი;
- არახნოიდები — აბლაბუდის მსგავსი ოლქები.

ზედაპირზე ასევე აღინიშნება გაცივებული ლავური ნაკადები, ატმოსფერული ეროზიისა და საისმური აქტივობის ნიშნები.



სურ.4. არახნოიდი

## ვენერას ზედაპირის შესწავლა

ვენერა, მთვარის შემდეგ, მეორე ციური სხეულია რომელიც გახდა დედამიწიდან რადარული გამოკვლევების ობიექტი. რადარული გამოკვლევების გამოყენებით მოხდა ვენერას ზუსტი რადიუსის დადგენა (6052 კმ).

რადარული გამოკვლევების შედეგად პლანეტის რადიუსი აღმოჩნდა 70 კმ-ზე ნაკლები ვიდრე ოპტიკური გამოკვლევის დროს, რაც აიხსნება ვენერას ღრუბლების სქელი ფენის არსებობით, რომელიც გაუმჭვირვალეა ოპტიკური გამოკვლევის დროს და გამჭვირვალეა რადარული კვლევისას.

1970-1985 წლებში მოხდა რადარული სისტემების გაუმჯობესება, რაც მოგვცა საშუალება 1-2 კმ გაფართოების ზედაპირის სურათების გადაღების.

კოსმოსური ფრენების ეპოქის დაწყებისთანავე ვენერა გახდა სპეციალური აპარატების მეშვეობით კვლევის ერთ ერთი ობიექტი 1962-დან - 1985 წლამდე ყოველ 19 თვეში ერთხელ ვენერაზე აგზავნიდნენ სპეციალურ კვლევით ავტომატურ პლანეტმორის სადგურებს (აპს).

## აპს „მაგელანი“-ს კვლევითი პროგრამა

აპს „მაგელანი“ იყო გაშვებული 1989 წლის 4 მაისს STS-30 ATLANTIS-ის შატლიდან და 1990 წლის 10 აგვისტოს გავიდა ვენერას ორბიტაზე.

აპარატის აქტიური სამუშაო გრძელდებოდა 4 წლის განმავლობაში, რაც მისცა საშუალება აპარატს, აპერტურული რადარის გამოყენებით, შეასრულებინა პლანეტის ზედაპირის შესწავლის სამი ციკლი.

ყოველ ციკლში დაკვირვება მიმდინარეობდა სხვადასხვა კუთხით, რაც საბოლოო ჯამში მოგვცა საშუალება სამგანზომილებიანი სურათების აწყობის შესაძლებლობა. გადაღებების პროგრამა დაიწყო 1990 წლის 16 აგვისტოს და დამთავრდა 1994 წლის 11 ოქტომბერს. დღე-ღამეში აპს-მა აკეთებდა 7.3 ბრუნს ვენერას გარშემო და იღებდა 17-28 კმ სიგანის და 70 000 კმ სიგრძის სურათებს. რის შედეგად გადაღებულ იქნა პლანეტის ზედაპირის 98%.

## ტოპოგრაფია

ვენერეს ზედაპირი ხასიათდება სიმაღლეების არც თუ ისე დიდი ცვალებადობით. აჰს „პიონერ-ვენერა“-ს მონაცემებით ყველაზე მაღალი და ყველაზე დაბალი წერტილებს შორის ცვალებადობა - 13 კილომეტრია. ამავე დროს დედამიწაზე თითქმის - 20 კმ. ვენერის ზედაპირის 51% მდებარეობს  $\pm 500$  მ ვენერას საშუალო რადიუსის (6052 კმ) ინტერვალში. მარტო 2% სერიოზულად ცდება საშუალო მონაცემებს (2 კმ-ზე მეტი). აჰს „მაგელანის“ სიმაღლის მზომმა დაადასტურა, რომ პლანეტას, ზოგადად, ვაკე რელიეფი ახასიათებს. ყველაზე მნიშვნელოვანი სიმაღლეებია ლაკშმის პლატო და მაქსველის მთები (სიმაღლე 11 კმ), აკნეს მთები (სიმაღლე 7 კმ) და ფრეიას მთები (სიმაღლე 7 კმ).



სურ. 5. ვენერას რადარული სურათი

**მაღლობები:** მაღლობებით ითვლება ზედაპირის 10%. ყველაზე მნიშვნელოვანი მაღლობებია - აფროდიტეს, იშტარის და ლადას ოლქები, ასევე ბეტას, ფების და ფემიდას რეგიონები. ალფას, ბელის და ეისტლის მაღლობები ითვლება ნაკლებად მნიშვნელოვან მაღლობების ჯგუფებად.

**ვაკეები:** ვაკეები ვენერას ზედაპირის დაახლოებით 50% იკავებს და განლაგებულია 0-2 კმ სიმაღლეზე, პლანეტის საშუალო რადიუსის შედარებით.

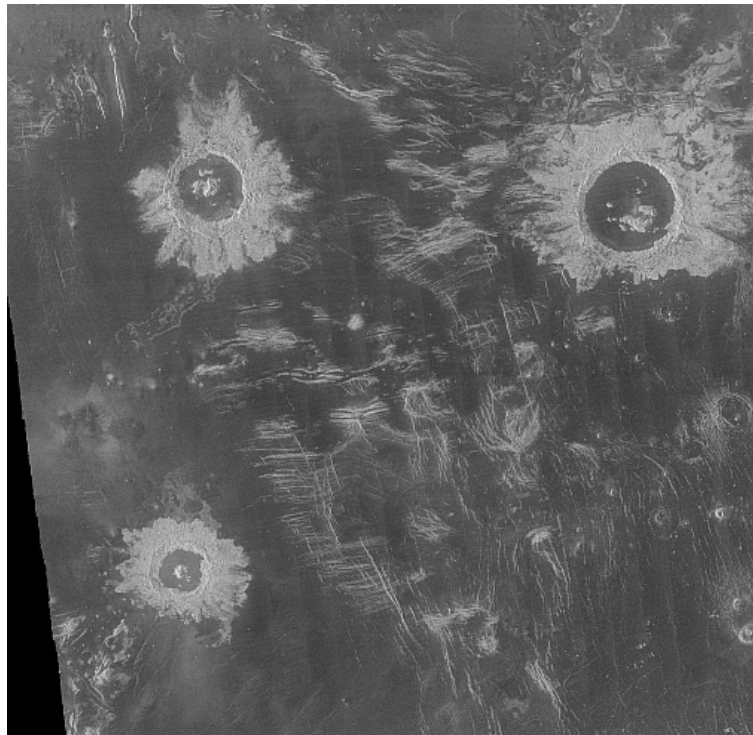


**დაბლობები:** ზედაპირის დარჩენილი ნაწილი ძირითადად მდებარეობს უფრო დაბლა ვიდრე მიღებული ნულოვანი სიმაღლე. რადარული მონაცემების თანახმად დაბლობები წარმოადგენს თითქმის სწორ ზედაპირს და გავსებულია მასალით, რომელიც წარმოიქმნა ეროზიული პროცესების შედეგად.

### დარტყმიტი (იმპაქტური) კრატერები

ვენერის დაკვირვება, დედამიწიდან, რადარების გამოყენებით, მოგვცა საშუალება განვსაზღვროთ ზოგი ტოპოგრაფიული მახასიათებლები, რომელიც კავშირშია იმპაქტურ კრატერებთან. აპს „ვენერა - 15“ და „ვენერა -16“ დაკვირვებამ მოგვცა ინფორმაცია 150 კრატერზე. აპს „მაგელანის“ დაკვირვებამ კი - 900.

მერკურისთან და მთვარესთან შედარებით, ვენერაზე კრატერი - იშვიათობაა, რაც აიხსნება ძლიერი ატმოსფეროს არსებობით და მის დაცვითი ფუნქციით. 2 კმ ნაკლები ზომის კრატერები ვენერაზე არ დაიკვირვება, 30 კმ-მდე ზომის კრატერების რაოდენობა კი ძალიან მცირეა.



სურ. 6. დარტყმიტი კრატერები ვენერაზე

მცირე კრატერებს აქვს არასწორი ზედაპირი და ჯგუფურადაა განლაგებული, რაც ადასტურებს შედარებით დიდი ზომის მეტეორიტების დაწვას ვენერას მკვრივ ატმოსფეროში.

მსხვილ კრატერებში არ აღინიშნება უფრო გვიანი ვულკანიზმის ნიშნები, რაც ადასტურებს იმას, რომ მეტეორიტების ჩამოვარდნა მოხდა პლანეტაზე ვულკანიზმის აქტიური სტადიის დამთავრების შემდეგ.

რადარული მონაცემებით კრატერების ზედაპირი არ იყო შეცვლილი ეროზიით და არც იყო ამოვსებული რაიმე დანალექი ქანებით.

ვენერაზე, მეტეორიტების თანაბარი განლაგება ადასტურებს, რომ მისი ზედაპირი ერნაირი ასაკისაა. კრატერების მცირე რაოდენობა, ერთი მხრივ, არ გვაძლევს საშუალებას შევაფასოთ ლანდშაფტის ასაკი, მაგრამ, მეორე მხრივ, ეს ადასტურებს, რომ ყველა კრატერი წარმოიშვა არც თუ ისე დიდი ხნის წინ, როცა ძველი ქერქი მთლიანად შეიცვალა ახლით.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ვენერა არის დედამიწის ჯგუფის ერთადერთი პლანეტა, რომელზეც მოხდა ასეთი შემთხვევა, თანამედროვე ისტორიაში.

## ვულკანიზმი

ვენერას თანამედროვე ზედაპირის ფორმირება, ძირითადად, დაკავშირებულია ვულკანურ პროცესებთან. ვულკანური ნალექების დალექვის ხასიათით გამოიყოფა ცენტრალური ტიპის ვულკანიზმი, აშკარად გამოყოფილი აქტივობის ცენტრით, და ტრაპული ტიპის ვულკანიზმი.

რადგან პლანეტაზე ფილების ტექტონიკა არ შეინიშნება, შესაბამისად არც არსებობს სუბდუქციის ზონები, ყველა ცენტრალიზებული ტიპის ვულკანი არის - ფარისებრი ვულკანი. სტრატოვულკანები გარეგანი მახასიათებლებით გავს დედამიწაზე არსებულ ანალოგიური სტრუქტურის ვულკანებს.

ვაკეების 80% ფორმირებულია ლავური ნაკადებით. ვაკეებს შორის განლაგებულია ასეულობით სტრატოვულკანი, ასევე ბევრია უფრო მცირე ზომის გვირგვინისებრი ვულკანები.

გვირგვინისებრი ვულკანები - მომრგვალებული წარმონაქმნებია, რომელთა დიამეტრი 100-300 კმ-ია, რომლებიც ამალღებულია მიდამოებთან შედარებით რამოდენიმე ასეული მეტრით, და,

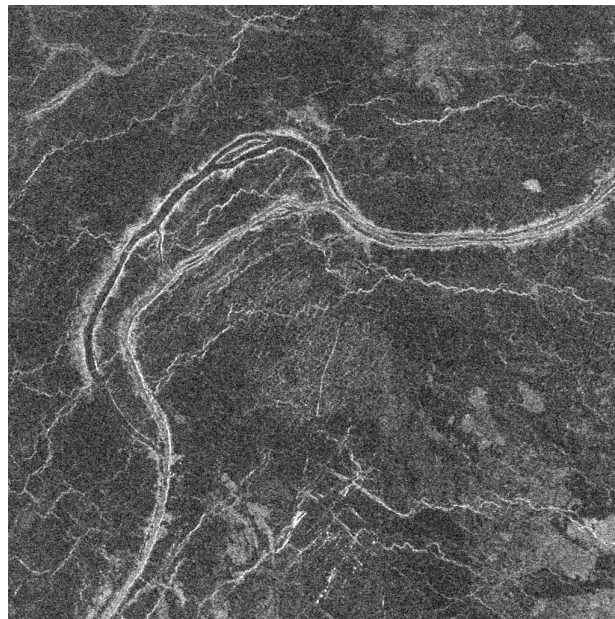
როგორც ითვლება, წარმოქმნილია მაგმური მასალის გაცივების დროს, როცა ლავის ნაწილი გაედინა და წარმოიშვა ასეთი გვირგვინიანი სტრუქტურა.

20 კმ-ზე ნაკლები დიამეტრის ვულკანების რაოდენობა ვენერას ზედაპირზე ძალიან დიდია. ზოგ მათგანს აქვს ბრტყელი, ფენობრივი სტრუქტურა. წარმოშობით ასეთი ვულკანები დედამიწაზე არსებული ფარისებრი ვულკანების ანალოგებია. ისინი ძირითადად განლაგებულია „გვირგვინების“ უბნებში. მათი წარმოშობა დაკავშირებულია მაღალი სიბლანტის ლავასთან, რომელიც ამოიფრქვა პლანეტის მკვრივ ატმოსფეროში.

სხვა ვულკანურ სტრუქტურებს მიეკუთვნება ე.წ. ნოვები - დაიკური წარმონაქმნების რადიალური ქსელები, ყოფილი ბაზალტური ნაკადების ადგილზე და ასევე არახნოიდები - კონცენტრული ოვალური სტრუქტურები, რომელიც შემოფარგლულია ნოვას მსგავსი ქსელების წარმონაქმნებით.

## ლავური ნაკადები და არხები

ლავური ნაკადები ვენერაზე მნიშვნელოვნად მასშტაბურია ვიდრე დედამიწის ანალოგები და რამოდენიმე ასეულ კილომეტრს სიგრძეში და რამოდენიმე ათეულ კილომეტრს სიგანეში აღწევენ.



სურ. 7. ლავური ნაკადი ვენერას ზედაპირზე

ჯერ უცნობია ზუსტი მიზეზი, თუ რატომ წარმოიშვა ასეთი ლავური პლატოები წარსულში, მაგრამ ზუსტად ცნობილია, რომ ამ განიერი ვაკეების წარმოშობა მოხდა დაბალი სიბლანტის ბაზალტური ლავების მოქმედებით.

ლავური ველები, როგორც წესი, კავშირშია ვულკანური ცენტრების აქტივობასთან ან ცენტრალიზებულ ვულკანებთან, მაგრამ, ასევე, ნაპრალოვან ვულკანებთან, ამომყვანი ყელების, კონუსების და არხების კლასტერებთან.

აპს „მაგელან“-მა აღმოაჩინა დაახლოებით 200 ლავური არხი და ველების სისტემა, რომლებიც შეგვიძლია გავყოთ: ჩვეულებრივზე, „ტოტებიანზე“ და სტრატოკომპლექსებზე.

ჩვეულებრივი არხები წარმოადგენენ ცალკეულ გრძელ ლავურ არხებს, რომლებს არ აქვს ან სუსტად აქვს განვითარებული „შენაკადები“, რომელთა სიგრძე 7000 კმ-მდეა. ტოტებიან არხებს ახასიათებს არხების დიდი რაოდენობა, რომლები ხშირად უბრუნდება ძირითად არხს. სტრატოკომპლექსები ფორმირებულია რამოდენიმე ვულკანურ ამოფრქვევით და მას შეიძლება ჰქონდეს, როგორც ჩვეულებრივი, ასევე ტოტებიანი არხების სახე. ლავური მილების ზომა შეიძლება აღწევდეს რამოდენიმე ათეულ მეტრს სიგანეში და რამოდენიმე ასეულ კილომეტრს სიგრძეში.

მაგმატური მასალის შორ მანძილზე გადატანა აიხსნება მისი მაღალი ტემპერატურით, დაბალი სიბლანტით და ატმოსფეროს მათალი ტემპერატურით, რომელიც დედამიწის პირებობთან შედარებით ბევრად ნაკლებად ანელებს ლავის გაციების პროცესს.

## ტექტონიკური აქტივობა

მიუხედავად იმისა, რომ ვენერაზე ფაქტიურად არ აღინიშნება ტექტონიკური აქტივობა, მის ზედაპირზე შეინიშნება ბევრი სტრუქტურა, რომელიც ასოცირებულია ფილების ტექტონიკასთან. დედამიწაზე ისეთი წარმონაქმნები, როგორც ბზარები, ვულკანები, მთების მასივები და რიფტული ვაკეები წარმოიშვა ტექტონიკური ფილების ზედა მანტიაზე მოძრობის შედეგად. ვენერაზე აქტიურმა ვულკანიზმმა წარმოქმნა მთის მასივები, რიფტული ვაკეები და ვაკეები. ვაკეების შეკუმშვის შედეგად წარმოიქმნება ტრესერები. დედამიწასთან განსხვავებით, აქ დეფორმაციები პირდაპირ კავშირშია პლანეტის მანტიაში არსებულ დინამიურ ძალებთან. გრავიმეტრიული გაზომვების მიხედვით დადგინდა, რომ ვენერას არ აქვს ასტენოსფერო (დაბალი სიბლანტის ფენა,



რომილზეც მოძრაობს ფილები). ასტენოსფეროს არ არსებობა, ვარაუდობს, რომ პლანეტის ზედაპირის დეფორმაცია პირდაპირ კავშირშია მანტიამი არსებულ კონვექტურ მოძრაობებთან. ტექტონიკური დეფორმაციები ვენერაზე სხვადასხვა მასშტაბით ვლინდება, რომელთა შორის ყველაზე მცირეა - ხაზობრივი ნაპრალები. დამახასიათებელი მთვარისთვის და მარსისთვის მთის მოკლე ქედები, ასევე ხშირად გვხვდება ვენერას ზედაპირზე. ტექტონიკის ეფექტი შეიმჩნევა ნაპრალებში, რომლებში ვენერას ქერქის ნაწილი იძირება, გარშემო მდებარე მიდამოებთან შედარებით. რადარული გამოკვლევების მონაცემებით, ეს ნაპრალები რომელთა სიგანე რამოდენიმე ასეული კილომეტრია, კონცენტრირებულია ეკვატორულ ნაწილში და კავშირშია ერთმანეთთან. ამ ნაპრალების ქსელმა განსაზღვრა ვულკანების განაწილება ზედაპირზე. რიფტები ვენერაზე წარმოიშვა ლითოსფეროსთან ერთად და წარმოადგენს ღრმულების დაჯგუფებას, რომელთა სიგანე 100 მეტრამდე, სიგრძე კი - 1000 კილომეტრამდეა, და კავშირშია მსხვილ ვულკანურ გუმბათისებრ წარმონაქმნებთან (ბეტას, ატლას და ეისტლას ოლქები). ეს მაღლობები, სავარაუდოდ წარმოადგენენ მაგმური პლიუმების გამოსავლებს ზედაპირზე.

ვენერას ყველაზე მაღალე მთები - მაქსველის მთებია (იმტარის ოლქის ტერიტორიაზე), იყო წარმოშობილი შეკუმშვის, დეფორმაციის, გაჭიმვის და გვერდითი მოძრაობის დროს.

ვენერას სხვა გეოგრაფიული ღირშესანიშნაობებიდან აღსანიშნავია დაბლობებში მდებარე „ქედების სარტყელი“, რომელიც რამოდენიმე ასეული მეტრის სიმაღლისაა, რამოდენიმე ასეული მეტრის სიგანის და ათასი კილომეტრის სიგრძისაა. ამ სარტყლების ძირითადი ნაწილი მდებარეობს ლავინიის ვაკეების უბანში, სამხრეთ პოლუსთან ახლოს, და ატალანტასთან - ჩრდილო პოლუსის უბანში.

ტესერები გვხვდება ძირითადად აფროდიტეს უბნის ფარგლებში, იმტარის უბნის აღმოსავლეთში (ფორტუნას ტესერა), ალფას და ტელურას ოლქში. ტესერები წარმოადგენენ უბნებს, რომლებიც დაფარულია ქედებით და გრაბენებით. ტესერების წარმოქმნა კავშირშია ბაზალტური მასალის ადრეულ ამოფრქვევასთან, რომელიც წარმოქმნა ვაკე ზედაპირი და ამის შემდეგ იყო დეფორმირებული ტექტონიკური პროცესების ზეგავლენით.

## შიდა აგებულება და მაგნიტური ველი

მიღებულია, რომ ვენერას ქერქის სიმძლავრეა - 50 კმ და სილიკატური ქანებისგან შედგება. პლანეტის მანტია დაახლოებით 3000 კმ სიღრმემდეა და მისი ქიმიური შედგენილობა ჯერჯერობით უცნობია. რადგან ვენერა დედამიწის ჯგუფის პლანეტაა, სავარაუდოა, რომ მას აქვს დაახლოებით 3000 კმ რადიუსის მქონე რკინა-ნიკელიანი ბირთვი.

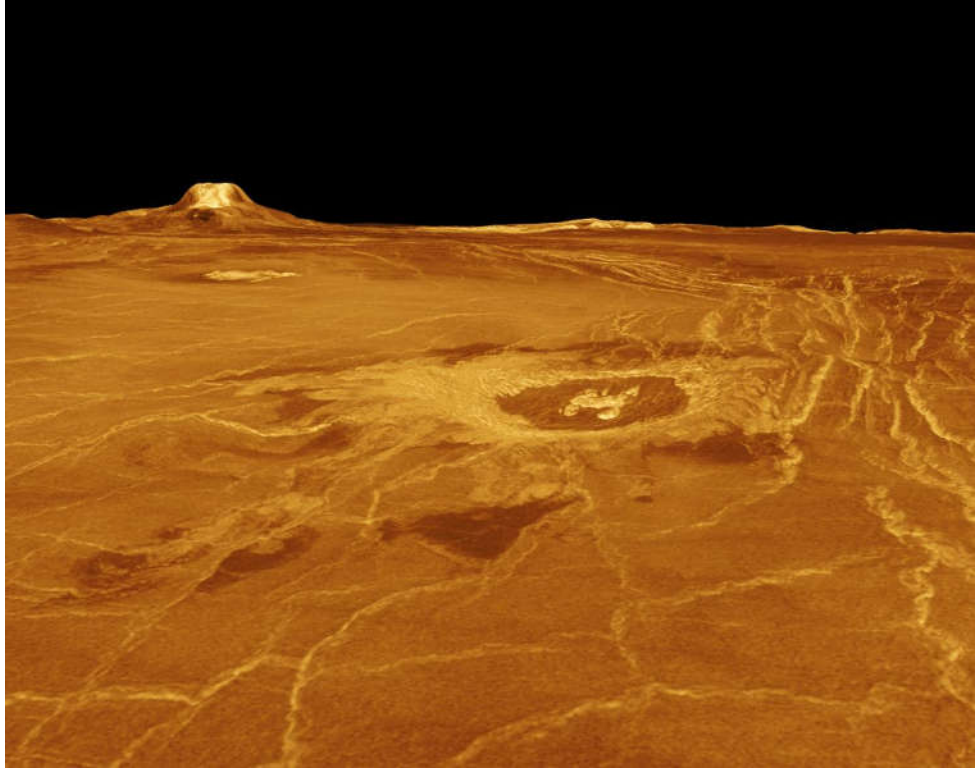
აპს „პიონერ-ვენერა“-ს მონაცემებით ვენერას აქვს ძალიან სუსტი მაგნიტური ველი, რაც გამოწვეულია როგორც კონვექტური დინებების არ არსებობით პლანეტის შიგნეთში, ასევე თვითონ პლანეტის ნელი მოძრაობით.

## ქერქის განახლება

მიღებულია, რომ 300 – 500 მლნ. წლის წინ ვენერაზე მოხდა ან ქერქის მთლიანი განახლება ან გადაფარვა ახალი მასალით მანტიიდან. ვენერას შიგნეთში მიმდინარეობს რადიოაქტიური ელემენტების დაშლის პროცესი მაგრამ არ აღინიშნება ტექტონიკური მოძრაობები. ანუ არ ხდება პლანეტის სითბოსგან განთავისუფლება. განთავისუფლების ერთ-ერთი გზაა - ბაზალტური ვულკანიზმი, რომელიც ხასიათდება ციკლორობით და ამოფრქვევის შედეგად ფარავს მერკურის მთლიან, ან თითქმის მთლიან, ზედაპირს, რის შედაგადაც ხდება მერკურის ზედაპირის განახლება. ამ შეხედულების ერთ-ერთი დასტურია, ის რომ ვენერას, მიუხედავად იმისა, რომ ის ბევრი პარამეტრით გავს დედამიწას, ფაქტიურად არ აქვს მაგნიტური ველი.

## თანამედროვე პროცესები ზედაპირზე

რადგანაც წყალი, თხედად მდგომარეობაში, ვენერას ზედაპირზე არ არსებობს, მისი რაოდენობა ატმოსფეროში კი დაბალია, ეროზიული პროცესები ზედაპირზე შეიძლება იყოს გამოწვეული მხოლოდ ლავური ნაკადებით, ვულკანების ამოფრქვევის დროს, მეტეორიტების დაცემით, ასევე ატმოსფეროს მოქმედებით.

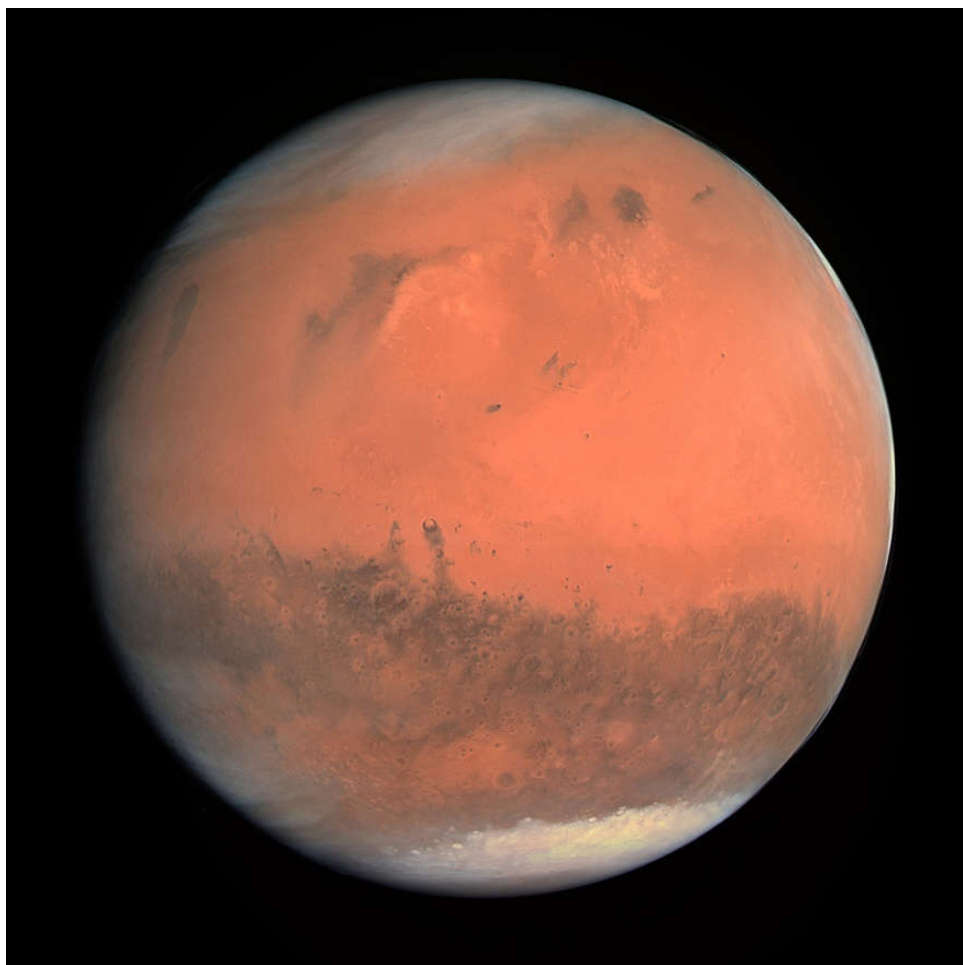


სურ. 8. ვენერას ლანდშაფტი, აპს „მაგელანის“ მონაცემებით

ატმოსფერული ეროზიული პროცესები შეგვიძლია ორად გავყოთ: 1) ქარის ეროზია, რომელიც, თუნდაც სუსტი ქარის პირობებში საკმაოდ ძლიერია და განპირობებულია გაზების დიდი სიმკვრივით და 2) ატმოსფეროში მყოფი „აგრესიული“ ქიმიური ნაერთების მოქმედებით, რომლებიც შედიან რეაქციაში ზედუპირის ქანებთან, რაც აისახება ამ ქანების შეცვლასა და დანგრევაში. რადგან ამ პროცესების სიჩქარე დაბალია, პლანეტის ზედაპირი კი საკმაოდ ახალგაზრდაა, მისი უმეტესი ნაწილი არაა დაფარული დანალექი ქანებით. ასეთი ტიპის ქანების დიდი რაოდენობა შეინიშნება ძირითადად დიდი მეტეორიტების დაცემის ტერიტორიაზე. „მაგელანის“ მონაცემებზე დაყრდნობით, შეგვიძლია ავლნიშნოთ 60 ასეთი ზონა, რომელიც ეროზიულ პროცესებთან ერთად ქმნის პლანეტა ვენერას თანამედროვე ლანდშაფტს.

## მარსი

მარსის გეოლოგია - მეცნიერებაა, რომელიც შეისწავლის მარსის ზედაპირს, ქერქსა და შიდა აგებულებას. დიდი ყურადღება ეთმობა შედგენილობას, სტრუქტურას, ისტორიას და პლანეტის ფორმირების ფიზიკურ პროცესებს. მეცნიერების ეს სფერო დედამიწის გეოლოგიის ანალოგიურია. პლანეტოლოგიაში გეოლოგია გულისხმობს პლანეტების და მათი თანამგზავრების მყარი შემადგენელი ნაწილების შესწავლას. მარსი არის დედამიწის ტიპის პლანეტა და შედგება რკინის შემცველი ქანებისგან. ისევე, როგორც დედამიწის შემთხვევაში, პლანეტის ევოლუციის ადრეულ ეტაპზე მოხდა რკინიანი ბირთვისა და სილიკატური მანტიის გაყოფა, რის შედეგად წარმოიქმნა პლანეტის საშუალოდ 50 კმ სისქის ქერქი. ბირთვის რადიუსი წარმოადგენს მარსის რადიუსის დაახლოებით ნახევარს, მაგრამ ზუსტად არაა ცნობილი, ისევე როგორც მისი მდგომარეობა.



სურ. 9. მარსი

## მარსის შიდა აგებულება

მარსის საშუალო სიმკვრივეა  $3933 \text{ კგ/მ}^3$  და მისი ზედაპირი შედგება ქანებიდან რაც გულისხმობს, რომ იგი დედამიწის ჯგუფის პლანეტის ტიპს მიეკუთვნება.

მარსის აგებულების თანამედროვე მოდელების თანახმად, იგი შედგება შემდეგი ფენებისგან:

ქერქი — რომლის სიმძლავრე საშუალოდ  $50 \text{ კმ}$  (მაქსიმალურად კი შეფასებულია -  $125 \text{ კმ}$ ). იგი მთელი პლანეტის მოცულობის  $4.4\%$  მოიცავს. უფრო თხელი ქერქი მდებარეობს დარტყმითი აუზების და მარინერის ხეობების ქვეშ, მსხვილი ვულკანური ოლქები კი ხასიათდება უფრო მძლავრი ქერქის ფენით. გეოფიზიკური და გეოქიმიური მონაცემების თანახმად ქერქი თხელია და მას ახაიათებს ფენობრივი აგებულება და აგებულია არაბაზალტური ან ძლიერ ფოროვანი მასალით. ქერქის საშუალო სიმკვრივე დაახლოებით  $3100 \text{ კგ/მ}^3$ .

ცალკეულ უბნებზე ფიქსირდება ზედა ფენების ნარჩენი მაგნიტურობა — ბევრად უფრო ძლიერი, ვიდრე დედამიწაზე. ყველაზე ძლიერი ანომალიები რეგისტრირებულია კიმერიულ და სირენების ოლქებში. ანომალია წარმოადგენს პოლარულ მორიგეობას, რომელიც ჰგავს დედამიწის ხაზოვან მაგნიტურ ანომალიებს, სპრედინგის ზონაში. ეს მეტყველებს იმაზე, რომ ძველ დროში მარსზე ხდებოდა ფილების ტექტონიკური გადაადგილება.

მაგრამ არსებობს ასევე წერტილოვანი მაგნიტური ანომალიები, რომლებიც მეტყველებს, სავარაუდოდ, მაგნიტის, ილმენიტის, ჰემატიტის, პიროტინისა და სხვა რკინით მდიდარი მაგნეტური მინერალების არსებობაზე. ზოგი ამ მინერალის ფორმირება კი კავშირშია ჟანგვის რეაქციასთან, მჟავე გარემო კი მეტყველებს წყლის არსებობაზე ზედაპირზე.

მანტია — რომელში გამოყოფენ ზედა, შუა (სავარაუდოდ) და ქვედა ნაწილს. დაბალი გრავიტაციის გამო, მარსზე წნევების დიაპაზონი ბევრად მცირეა, ვიდრე დედამიწაზე, რაც ნიშნავს ნაკლებ ფაზურ გადასვლას. ზედა მანტია შედგება ოლივინისგან, პიროქსენისგან (ორთო - და კლინო - პიროქსენი) და გრანატისგან. მანტიის სიმკვრივე საშუალოდ უნდა იყოს უფრო დაბალი ვიდრე დედამიწაზე, სავარაუდოდ  $3450\text{-}3550 \text{ კგ/მ}^3$ . რელიეფის ხასიატი და სხვა ნიშანი, გვაძლევს საშუალებას ვივარაუდოთ, რომ პლანეტაზე არსებობს ასტენოსფერო, რომელიც შედგება ნაწილობრივ გამლვალი ნივთიერებიდან.

ბირთვი, რომლის რადიუსი დაახლოებით მთელი მარსის ნახევარია — სხვადასხვა შეფასებით,  $1480\text{-დან } 1849 \text{ კმ-მდე}$ . სიმკვრივე პლანეტის ცენტრში აღწევს  $6700 \text{ კგ/მ}^3$ . ბირთვი სავარაუდოდ თხევად მდგომარეობაშია და ძირითადად შედგება რკინისგან, რომელიც შეიცავს

16% გოგირდს, და ასევე 7.6% ნიკელს, ხოლო მსუბუქი ელემენტების შემცველობა ორჯერ მეტია, ვიდრე დედამიწის ბირთვში.

2012 წლის 17 ოქტომბერს მარსმავალმა Curiosity-მ განახორციელა მარსის ქანების რენტგენულ დიფრაქციული ანალიზი. შედეგებმა გამოავლინა მთელი რიგი მინერალების, მათ შორის ფელდშპატის, პიროქსენისა და ოლივინის არსებობა; გამოითქვა მოსაზრება, რომ მარსის ნიადაგი ჰავის ვულკანების გამოფიტული ბაზალტების მსგავსია. 2015 წლის ივლისში მარსმავალმა დაადგინა ტრიდემიტის არსებობა გეილის კრატერიდან ქვის ნიმუშში.

## ფარსიდას და ელიზიის ვულკანური პროვინციები

მარსის დასავლეთ ნახევარსფეროში განვითარებულია ვულკანურად და ტექტონიკურად აქტიური პროვინცია - ფარსიდა. ეს სტრუქტურა დიამეტრში ვრცელდება ათას კილომეტრზე და ფარავს მარსის ზედაპირის 25%. იგი ამდლებულია 7-10 კილიმეტრით მარსის საშუალო სიმაღლესთან შედარებით და შეიცავს პლანეტის ყველაზე მაღალ უბნებს და მზის სისტემის ყველაზე მსხვილ ვულკანებს.

სამი უმსხვილესი ვულკანია - მთა ასკრიული, ფარშევანგის მთა და არსიის მთა - წაგრძელებულია ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-დასავლეთისაკენ. მთა ალბა იკავებს პროვინციის ჩრდილო ნაწილს. ფარისებრი ვულკანი - მთა ოლიმპი, მდებარეობს ცენტრიდან მოშორებით - პროვინციის დასავლეთ კიდეზე. რეგიონის მასიურობა ქმნის სტრესს პლანეტის ლითოსფეროში. რის შედეგადაც ჩნდება რადიალური გრაბენები და რიფტული ხეობები.

## იმპაქტური კრატერები

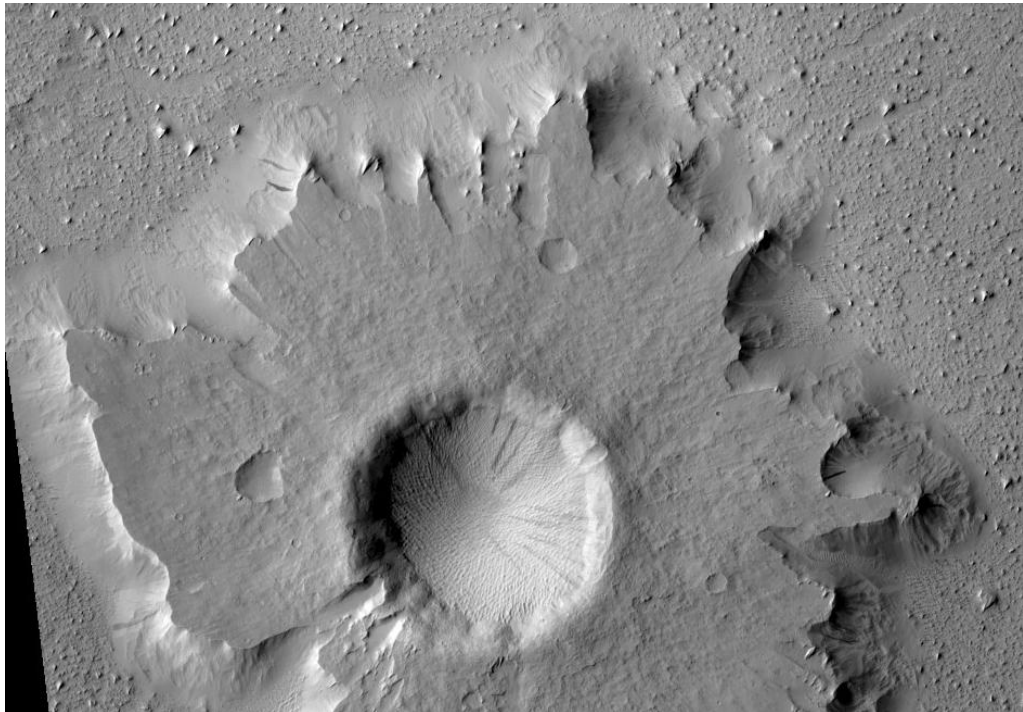
დარტყმითი კრატერები მარსზე პირველად იქნა აღმოჩენილი 1965 წელს Mariner 4 აპარატის დაკვირვებით. ადრინდელმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ მარსის კრატერები არსებითად უფრო ღრმა და გლუვია ვიდრე მთვარის, რაც მიუთითებს მარსზე უფრო აქტიურ ეროზიაზე და ნალექების ინტენსიურ დაგროვებაზე. დანარჩენში, მარსზე არსებული კრატერები მთვარის

კრატერებს ჰგავს. მარსი, მზის სისტემაში არსებულ სხვა პლანეტებთან შედარებით, ხასიათდება დარტყმითი კრატერების მრავალფეროვნებით.

კერძოდ, ეს აიხსნება პლანეტის ზედაპირის ქვეშ, როგორც კლდოვანი ასევე, მტვრის მსგავსი მასალის არსებობით. რაც ქმნის სხვადასხვა ტიპის კრატერს თუნდაც ერთი და იგივე ზომისა და წონის მეტეორიტის დაცემისას. მარსის ატმოსფერო ასევე ახდენს გავლენას შემდგომ ეროზიასა და განდევნილი მასალის განაწილებაზე.

კრატერების განაწილების სიმჭიდროვე ყველაზე მაღალია სამხრეთ ნახევარსფეროში დიქტომიის საზღვრის სამხრეთ ნაწილში. აქ დიდი კრატერებისა და აუზების უმეტესი ნაწილი მდებარეობს.

მარსზე, იმპაქტური მოვლენების შედეგად ჩამოყალიბებულია რამდენიმე გიგანტური წრიული აუზი. უდიდესია ელადის დაბლობი, რომელიც მდებარეობს სამხრეთ ნახევარსფეროში. ეს წარმონაქმნი პლანეტაზე სიდიდით მეორე დადასტურებული დარტყმითი სტრუქტურაა. ცენტრალურ ნაწილს აქვს 1800 კმ დიამეტრი და გარშემორტყმულია ფართო ქედის სარტყლით, რომლებიც აგებულია ძველი ქერქის ქანებით. აუზის ფსკერზე აგებულია რთული სტრუქტურის მქონე დანალექი მასალით, რომლებიც განიცადეს ეროზია და შინაგანი დეფორმაციები. ელედის ვაკის ყველაზე დაბალი წერტილი მდებარეობს 8 კილომეტრის სიღრმეზე.



სურ. 10. კრატერი „პიედესტალი“



არგირის და ისიდას დაბლობები, იმპაქტური წარმოშობის კიდევ ორი მსხვილი სტრუქტურაა. არგირის დაბლობი (800 კმ დიამეტრით) მდებარეობს სამხრეთ მაღალმთიანეთში და გარშემორტყმულია ქედების ფართო სარტყლით. მთები ქედის სამხრეთ ნაწილში, სავარაუდოდ განიცადეს მყინვარების ზეგავლენა.

ისიდას დაბლობი (დიამეტრით დაახლოებით 1000 კმ) მდებარეობს დიქოტომიის საზღვარზე. ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილი განიცადა ეროზია და ახლა იმყოფება ნალექის ფენის ქვეშ, რაც ვაკის საზღვარს ნახევარწრიულ იერსახეს აძლევს.

მარსზე მდებარე ყველა დიდი დარტყმითი კრატერი ძალიან ძველია და მიეკუთვნება მძიმე გვიანდელი დაბომბვის პერიოდს. ითვლება, რომ მათი ასაკი მთვარეზე მდებარე წვიმების ზღვის და აღმოსავლეთი ზღვის ანალოგიურია.

## კანიონების სისტემა ეკვატორზე

ეკვატორთან ახლოს, დასავლეთ ნახევარსფეროში, განვითარებულია ერთმანეთთან დაკავშირებული ღრმა კანიონების ქსელი, რომელიც ცნობილია როგორც „მარინერის ხეობები“. კანიონების ეს სისტემა ვრცელდება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ, ფარსიდას პროვინციიდან - 4000 კმ მანძილზე, რაც მთელი პლანეტის ეკვატორის სიგრძის დაახლოებით 1/4-ია. ზოგ უბნებში კანიონების სიგანეა - 300 კმ და სიღრმე - 10 კმ-ია. მიუხედავად იმისა, რომ მარინერის კანიონებს ადარებენ დედამიწის გრანდ კანიონთან, მათი წარმოშობა მთლიანად განსხვავდება ერთმანეთისგან. გრანდ კანიონი არის წყლის ეროზიის შედეგი, როდესაც მარსის ეკვატორიულ კანიონებს აქვს ტექტონიკური ბუნება. მარინერის ხეობები შეგვიძლია შევადაროთ აღმოსავლეთ-აფრიკის რიფტთან. მარსის კანიონები - არის ქერქში არსებული ძლიერი ტექტონიკური სტრესის შედეგი.



## გეოლოგიური ისტორია

მარსის გეოლოგიურ ისტორიაში მიღებულია დაყოფა სამ პერიოდათ:

- **ნოეური** პერიოდი, რომლის დროსაც წარმოიშვა მარსის ყველაზე ძველი ქერქი (ელადის აუზი, ფარსიდას პლატო და მარინერის ხეობები). პერიოდი გრძელდებოდა: 4,1 – 3,8 მილიარდი წლის წინ.
- **ჰესპერიული** პერიოდი, რომელიც გრძელდებოდა: 3,7-დან - 2,5 მილიარდი წლის წინ.
- **ამაზონიური** პერიოდი, რომელიც გრძელდება 2,5 მილიარდი წლიდან - დღემდე. ყველა უბანი, რომელიც წარმოიშვა ამ პერიოდში ხასიათდება მეტეორიტების კრატერების მცირე რაოდენობით. ამ პერიოდში თანდათან ქვრება ვულკანები და სუსტდება ეროზიული პროცესები.



სურ. 11. მარინერის ხეობები, სურათი გადაღებულია აპს ვიკინგ 1 მიერ

## სედიმენტოლოგია

ითვლება, რომ დროის გარკვეული ისტორიული პერიოდის განმავლობაში მარსზე არსებობდა წყლის ნაკადები. ზოგმა ნაკადმა გაჭრა პლანეტის ზედაპირი, წარმოქმნა ველების სისტემა და ნალექები. გრუნტის წყალი მონაწილეობდა ეოლური ნალექების გამყარებაში, ასევე სხვა და სხვა დანალექი ქანის წარმოშობაში. მშრალი ზედაპირის პირობებში მარსის ქარს აქვს დიდი მნიშვნელობა პლანეტის იერის შეცვლაში. ქარის მიერ გადატანილი ქვიშის მარცვლები ქმნიან დიუნებს, რომლებიც ხშირად გვხვდება თანამედროვე მარსის ზედაპირზე.

## გამოყენებული ლიტერატურა

- Anderson J. D. et al. Shape and Orientation of Mercury from Radar Ranging Data // *Icarus*. — Elsevier, 1996. — Vol. 124. — P. 690—697.
- Bougher, S.W.; Hunten, D.M.; Philips, R.J.; William B. McKinnon, Kevin J. Zahnle, Boris A. Ivanov, H.J. Melosh. *Venus II – Geology, Geophysics, Atmosphere, and Solar Wind Environment* — Tucson: The University of Arizona Press., 1997. — P. 969.
- Greeley, Ronald. *Planetary landscapes* — 2nd. — New York: Chapman & Hall, 1993. — C. 1.
- Kargel, J.S. (2004) *Mars: A Warmer Wetter Planet*; Springer-Praxis: London, p. 52.
- Solomon, Sean C.; Head, James W. Evolution of the Tharsis Province of Mars: The Importance of Heterogeneous Lithospheric Thickness and Volcanic Construction // *J. Geophys. Res. : journal*. — 1982. — Vol. 87, no. B12. — P. 9755—9774.
- Spohn T.; Sohl F.; Wiczerkowski K.; Conzelmann V. The interior structure of Mercury: what we know, what we expect from BepiColombo // *Planetary and Space Science*. — Elsevier, 2001. — Vol. 49. — P. 1561—1570.
- Stevenson, D. J., (2003). «Planetary magnetic fields», *Earth and Planetary Science Letters*, 208, 1-11
- Strom, R.G.; Croft, S.K.; Barlow, N.G. The Martian Impact Cratering Record // *Mars / Kieffer, H.H.; Jakosky, B.M.; Snyder, C.W.; Matthews, M.S.* — Tucson: University of Arizona Press, 1992. — C. 384—385.
- Tanaka K.L., Hartmann W.K. Chapter 15 – The Planetary Time Scale // *The Geologic Time Scale / F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz, G. M. Ogg*. — Elsevier Science Limited, 2012. — P. 275–298.