

АСТЕРОЇДНА АТАКА НА МАРС ТА ЇЇ НАСЛІДКИ



**Владислав
Шумлянський**

доктор геол.-мін. наук
професор,
президент Інституту
фундаментальних
досліджень
Української наукової
асоціації

На карті півкуль Марса привертають увагу великі округлі депресії, які виникли після утворення континентальної кори, але до моменту величезних виливів лави на поверхню Марса. Ці депресії теж були заповнені лавою, а після її застигання тут відклалися осадові породи, тепер покриті товщею льоду, присипаного марсіанським пилом. Своєю формою і розмірами ці депресії нагадують моря Місяця. Подібність підсилюється тим, що вони, як на Місяці і Меркурії, мають свої антиподи. Це можна пояснити дією ударних сейсмічних хвиль, які передавались крізь щільні матеріали, з яких ці тіла складаються [1]. Наприклад, депресії Аргір на західній півкулі відповідає депресія Елада на східній, а умовна лінія між їхніми центрами указує на напрямок удару астероїда (малюнок). Цей астероїд (дехто вважає його "діаметр" близьким 320 км [2]) не зміг пробити континентальну кору Марса, товщина якої тут близько 50 км [3], і, мабуть, вибухнув. Викиди марсіанських порід з кратера вибуху оплямовують депресію Аргір у вигляді кордільєри. На

східній півкулі антипод Аргіра — депресія Елада — має набагато більші розміри, а породи кори викинуті тільки в напрямку удару, оплямовуючи депресію з північного заходу. Глибина депресії тут ще більша, бо від планети відколовся великий шматок розміром 1 765 x 1 060 км і товщиною близько 45 км. Товщина нової кори тепер тут мінімальна — близько 8 км.

Майже одночасно планета отримала другий удар в районі теперішнього вулкана Олімп, найвищого вулкана у Сонячній системі (21 229 м). Астероїд пробив "океанську" кору, а на "зворотній" (східній) півкулі утворився антипод — найвищий вулкан цієї півкулі Елізій, заввишки 1 4028 м. Лінія між центрами цих вулканів також має північно-західний напрямок і, взагалі, згадані депресії і вулкани лежать майже на одній лінії, що дозволяє припускати падіння подвійного астероїда типу відомого Гермеса. Зважаючи на більш тонку кору в місці падіння астероїда (Олімп) і в районі його антиподу (Елізій), тут відбулися виливи лави безпосередньо на поверхню, які тривали досить довго і привели до утворення грандіозних вулканічних споруд. В умовах дуже розрідженої атмосфери Марса і незначного прискорення вільного падіння (0,38 від земного) ці споруди збереглися майже в первісному вигляді.

Найвірогідніше астероїдна атака на Марс на цьому не скінчилася, бо наступні астероїди вдарили планету вже в її східну півкулю (тепер ми б сказали — приблизно через 12 годин, але в той час, мабуть, Марс обертався трохи швидше навкруги своєї осі, бо попередні потужні удари астероїдів мали знизити його швидкість). Від ударів на східній півкулі утворилися депресії Ізіда та Утопія, які лежать на одній прямій, що відповідає напрямку удару і співпадає з напрямком попередніх ударів. Антиподом Ізіди є величезна патера Альба на західній півкулі — туфовий вулкан, діаметр якого в основі близько 400 км. Ці структури — як Ізіда, так і Альба —тяжіють до границі між областями "континентальної" (з півдня) і "океанської" кори, тоді як Утопія розташована в межах "океану". Антипод депресії Утопія невідомий: він або схований під осадовими

відкладами поблизу північного полюса, потужність яких складає сотні метрів [4], або взагалі відсутній, якщо астероїд зрикошетив, залишивши величезний слід на тілі Марса. Такого ж походження може бути і депресія Хриси на північному сході західної півкулі.

Ще однією особливістю Марса є поділ його поверхні на північну "океанську" і південну "континентальну" частини. Північна частина переважно рівнинна, з досить рідкісними метеоритними кратерами, що свідчить про її відносну "молодість", а південна — гориста, з великою кількістю астроблем. Потужність "океанської" кори складає 8—20 км, континентальної — 43—45 км, місцями до 80—100 км [4]. До того ж "океанська" поверхня опущена відносно середньої височини континентів на 3—4 км. В умовах Землі такі структури поділяються крупними (глибинними) розломами, які зміщують земну кору, гублячись у в'язкій мантії. Нема причин вважати, що на Марсі відсутні такі розломи. Один з них, як це буває звичайно і на

Землі, маркується вулканічними структурами, до яких належать Арсія, Павоніс, Аскрийська, а також вулканічний купол Цераун та патера Уранія. Розлом прослідковується з південного заходу на північний схід майже через усю півкулю. На південному заході на його продовженні розташовані тектонічні "борозни" Фосса, на північному сході — такі ж борозни Мареот і Темпе. Цікаво, що лінії глибинних розломів на східній півкулі Марса мають своїх антиподів на західній півкулі. Це означає, що розломи пересікають ціле тіло Марса, причому в напрямку астероїдного удару — з південного сходу на північний захід. Розташування депресії Ізіда у вузлі перетину розломів свідчить про те, що астероїд, який утворив цю депресію, зіграв головну роль у розколі тіла Марса.

За даними Я. Г. Каца зі співавторами [4], згідно з розробленою моделлю Марса, його кора має товщину до 100 км, значно збагачену залізом мантію — товщиною близько 2 500 км, і невелике ядро (7 % повної маси планети). Контури ядра,



Космічний апарат НАСА "Mars Pathfinder", призначений для досліджень геологічного складу поверхні Марса та його атмосфери і метеорологічних умов. 1997 р.

нанесені на схеми півкуль Марса, свідчать про те, що глибинні розломи розкололи планету якраз між ядром і мантією. Це означає, що на час астероїдного удару Марс був остиглою планетою з твердою мантією (фактично — літосферою) і ще твердішим ядром, яке не розкололося від удару.

Падіння декількох крупних астероїдів за короткий час супроводжувалося виділенням величезної кінетичної енергії, що мало викликати розігрівання планети і топлення речовини мантії, яке посилювалось її дегазацією внаслідок розколювання аж до ядра. В результаті на поверхню планети вилілася значна кількість розтопленої речовини, яка утворила ефузивний покрив на західній півкулі. Можливо, це стало причиною опускання північної частини Марса і утворення океану (*Borealis vastitas*).

Причини астероїдного бомбардування та його часу є дискусійними. Вважається, що 3,9 млрд. років тому Земля, Місяць та інші планети земної групи були піддані інтенсивному бомбардуванню [5]. Припускається, що Юпітер — найбільша планета — наблизився до Сонця, порушивши заведений порядок в астероїдному поясі Койпера, внаслідок чого мільйони кам'яних тіл розміром до сотень кілометрів полетіли в напрямку до Сонця. Вони бомбардували як Землю, так і Марс, Венеру, Меркурій і Місяць відповідно до їх розмірів, маси і сили тяжіння.

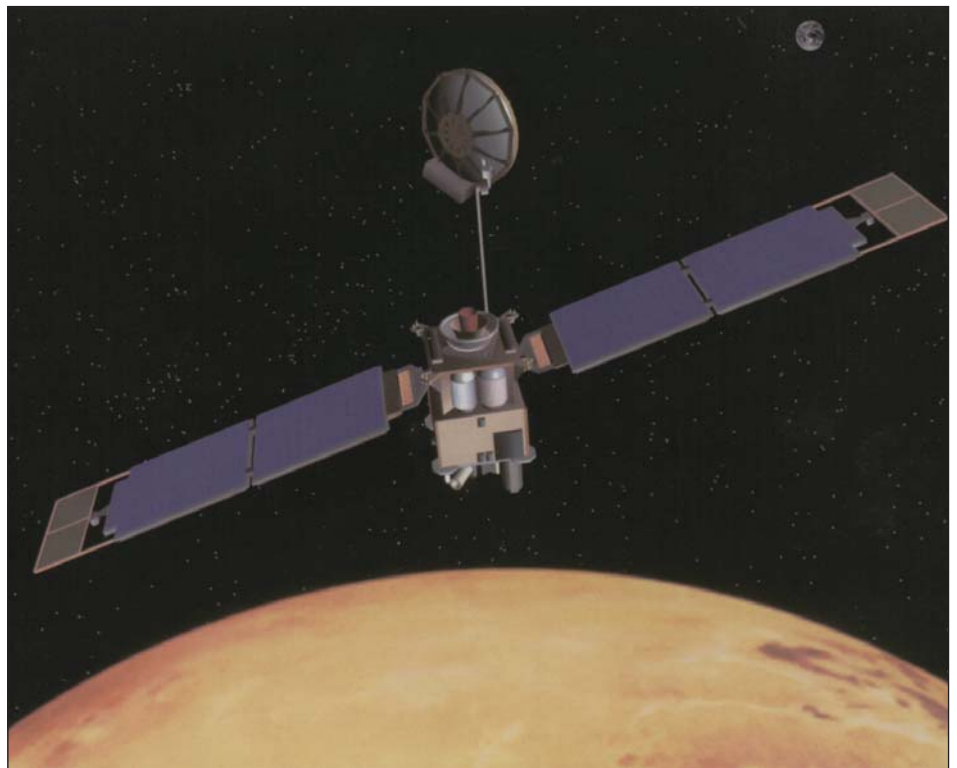
Цікаву точку зору виклав М. Загорний [2]. Він пише, що на думку геолога Рональда Грізлі розподіл Марса на високі і низькі "землі" (тобто на "океан" і "континент") став наслідком якогось катаклізму планетарного масштабу. Його модель запропонована географом Паттеном та інженером Віндзором. Згідно з їх версією, Марс зблизився з космічним тілом, яке за розміром тільки трохи було меншим від нього. Вважається, що це була планета, яка рухалася на орбіті між Марсом і Юпітером, а потім вибухнула внаслідок дії різноспрямованих гравітаційних і електромагнітних сил. Уламки цієї планети бомбардували Марс, утворивши гігантські кратери в південній півкулі.

Пробивши кору планети, уламки викликали величезний тиск у її ядрі і воно знайшло вихід з протилежного боку, в північній півкулі. Подібно до того, як пробка вилітає після сильного удару долоною по дну пляшки, кора відірвалась від поверхні

планети і полетіла в космос.

Так чи інакше, але астероїдна атака мала величезні наслідки для Марса, які частково спробуємо відобразити в наступному сценарії.

Більшість астрономів і планетологів вважає, що вік Марса, як і Землі, складає близько 4,6 млрд. років. Рання історія Марса невідома. Припускається, що внаслідок акреції (наступного ущільнення речовини під дією ваги) виділилася значна кількість тепла, достатня для топлення речовини планети і початку її диференціації з утворенням кори, мантії і ядра. Цей процес відбувався меншою мірою, ніж на Землі, оскільки сила тяжіння на Марсі помітно менша. Зважаючи на те, що загальна маса Марса майже в 10 разів менша від земної, розраховано, що повне остигання Марса відбулося за 1,2 млрд. років після його утворення, як, до речі, Меркурія і Місяця. Інші дослідники теж вважають, що активність вулканів Марса зменшилася 3—3,5 млрд. років тому, причиною чого було остигання планети [6,7]. Час утворення крупних ударних кратерів (більше 20—30 км діаметром) належить до ранніх етапів історії Марса, подібно до часу інтенсивного кратероутворення на Місяці, коли на ньому сформувалися потужні товщі ударно-вибухових материкових брекчій [1]. Пізні фази кратероут-



Космічний апарат НАСА "Mars Global Surveyor". 1998 р.

ворення пов'язані з малими тілами метеоритів, які формували рихлий чохол порід поверхневого шару. Вважається, що в горах Тавмасія на товщу ударно-вибухових брекчій вилилися основні лави, які утворили покрив.

Зараз більшість дослідників вважає, що фор-



Космічний апарат НАСА "Mars Climate Orbiter"

мування вулканічних покривів було на протязі двох головних епох вулканізму: рання (доокеанська) епоха розвитку континентів і пізня, яка поділяється на більш молоді фази вулканічної діяльності [4]. Одні дослідники вважають вік вулканізму Марса в 3,8—3,4 млрд. років, допускаючи тільки для вулкана Олімп вік 2,5 млрд. років. Інші вважають, що головна маса виливів відбулася в інтервалі 2—1 млрд. років тому, тобто значно пізніше, ніж на Місяці. А більшість дослідників вважає, що найбільш молодий (післяокеанський) вулканізм Марса відбувався 500—200 млн. років тому.

Дані про щільність кратерів на схилах найбільших вулканів Марса опосередковано свідчать про не дуже молодий вік цих структур:

Олімп — 300 ± 70 , *Арсія* — 400 ± 70 , *Аскрийська* — 400 ± 40 і *Павліна* — 300 ± 90 млн. років [7]. Оскільки ці вулкани "післяокеанські" і виникли внаслідок топлення мантії завдяки падінню астероїдів на поверхню Марса, то можна припустити, що астероїдна атака відбулася приблизно 400—450 млн. років тому (на Землі це пізній ордовік — ранній девон). На границі мантії і ядра, можливо, утворився тонкий розтоплений шар, подібний до зовнішньої зони ядра Землі. Про це свідчить магнітне поле Марса, яке має дипольну природу і майже в 500 разів слабкіше від земного [1].

Як уже згадувалося, колосальні розколи Марса — аж до ядра — призвели до дегазації у великих масштабах: разом з вуглекислим газом, азотом (можливо — киснем і воднем) в атмосферу надійшла велика кількість водяного пару, який

охладжувався і випадав на поверхню Марса у вигляді дощу на протязі довгого часу (можливо декілька років або навіть десятиків — сотен років). Звивисті долини Дао, Нігер, Гермакіс, які "впадають" у депресію Елада з північного сходу, утворились уже після удару астероїда. На західній півкулі в депресію Хриса "впадають" долини Арес, Тіу, Сімуд, Шальбатана, Майя тощо. На фотографіях, отриманими космічними апаратами (КА), видні довгі долини — гілчасті, як земні ріки. Вони нагадують сухі русла річок протяжністю в сотні кілометрів, часто з островами. Круті схили долин і відсутність терас указують на одноактне (інколи двоактне) формування русел стрімкими потоками. Річки впадали в депресії, де утворювалися величезні озера. Вода заповнювала кратери вулканів і океанське пониження, про що свідчать знахідки верстуватих (осадових?) порід, а також сульфатів, хлоридів і слідів бромів в породах Марса. Як вважається [1], промиті водою русла, вірогідно, утворилися раніше, ніж відносно більш молоді кратери ударного походження на їх сухому ложі, вік яких оцінюється в декілька сотень мільйонів років.



Фотографія Марса і його Північної полярної шапки, отримана за допомогою Космічного телескопу Габбла 30 березня 1997 р.

Але є і нові відомості [8]: "Отримано ще один переконливий доказ того, що в минулому на Марсі існував водяний океан. Ці схожі на сльозинки "острови" утворили гігантські потоки води, які протікали там 10 млн. років тому". Знімок, отримано

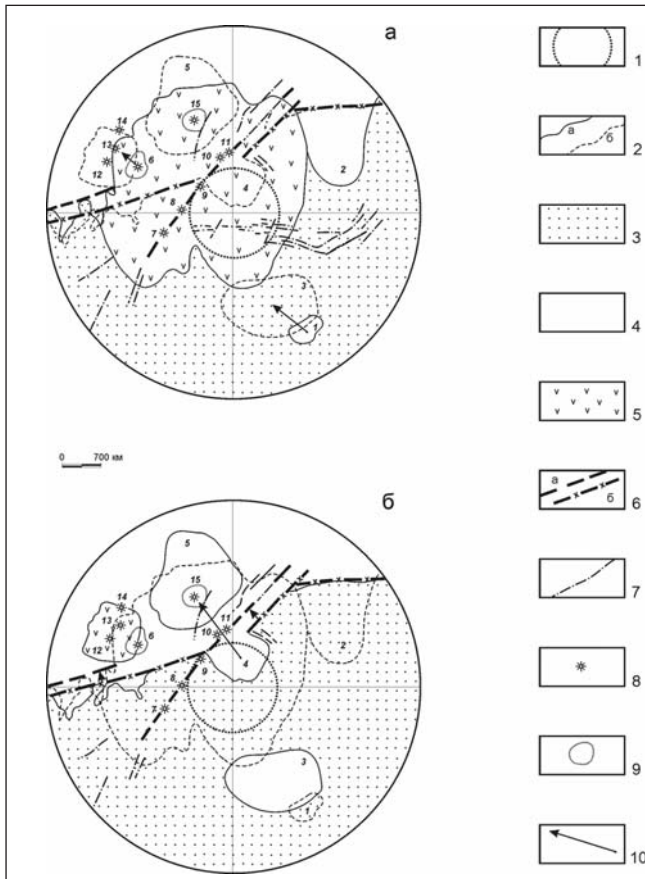


Схема розташування головних структур на поверхні Марса:
а — західна півкуля Марса з проекцією структур східної півкулі;
б — східна півкуля Марса з проекцією структур західної півкулі.

Умовні позначення:

- 1** — ядро планети;
- 2** — контури головних структурних елементів на поверхні планети:
- а** — на видимій півкулі,
- б** — на зворотній півкулі;
- 3** — “континентальна” кора;
- 4** — океанська кора;
- 5** — ефузивні покриви;
- 6** — головні глибинні розломи, що припускаються:
- а** — на поверхні західної півкулі,
- б** — на поверхні східної півкулі;
- 7** — другорядні крупні розломи, геоморфологічно виражені на поверхні планети;
- 8** — найбільші вулкани;
- 9** — контури найбільших вулканічних будівель;
- 10** — напрямок болідного удару, що припускається.

Назви структур:

Вулкани:

- 6** — Олімп
- 7** — Арсія
- 8** — Повоніс
- 9** — Аскрийський
- 10** — Керавнський (купол)
- 11** — Уран (патера)
- 12** — Альбор (купол)
- 13** - Елізій
- 14** - Гекат (купол)
- 15** Альба (патера)

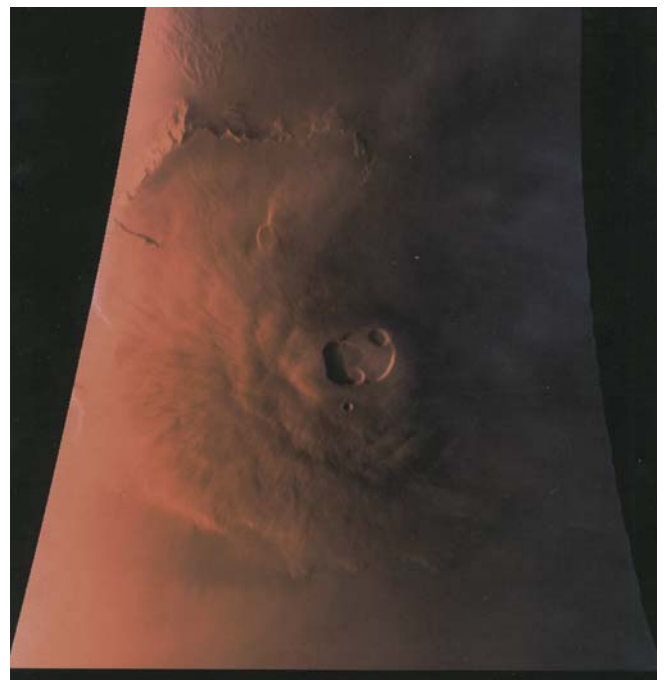
Низинні рівнини:

- 1** — Аргіп
- 2** — Хрися
- 3** — Елада
- 4** — Ізіда
- 5** — Утопія

маний КА Марс Глобал Сервейор на рівнині Cerberus Rupes, свідчить про напрямок потоку від екватора планети до півночі.

Вірогідно, внаслідок неминучої дегазації планети утворилася досить густа атмосфера, яка створила парниковий ефект і дала можливість воді існувати деякий час у рідкому стані.

З часом, зважаючи на малу масу Марса ($6,4 \cdot 10^{23}$ кг) і удвічі меншу, ніж на Землі, швидкість леткості (звітрявання) тіл (5,03 км/с), атмосфера збідніла на водень, воду та інші гази, а кисень витратився на окислення порід Марса, багатих на залізо (в ґрунті, дослідженому "Вікінгами", вміст FeO склав близько 17%) [1]. Поступове остигання планети призвело до зменшення геотермічного (чи марсотермічного?) градієнта і, відповідно, зменшення тиску ендегенних флюїдів, що дало змогу воді частково відійти у надра Марса. Інша частина гідросфери утворила льодовики в метеоритних і вулканічних кратерах, на полюсах



Гора Олімпус на Марсі. Фотографія отримана за допомогою КА "Mars Global Surveyor" 20.10.1997



Одні із найстародавніших за утворенням районів марсіанської поверхні — Долина Маринеріс (довжина системи каньонів навколо центрального плато складає близько 4000 км).

Фотографія отримана за допомогою КА "Mars Global Surveyor" 1 січня 1998 р.

планети, навіть на поверхні у вигляді інею і снігу. Вірогідно, реголітовий шар, що залягає повсюдно під ефузивами або безпосередньо на поверхні, несе значні запаси льоду. Потужність його, судячи

з відтаювання льоду у стінках "свіжих" метеоритних кратерів, складає 500—600 м, а лід у тріщинах щільних порід поширюється на ще більшу глибину. Недавно КА Магз Ехргеєз передав на Землю знімки з району депресії Елізія, на яких виявили крижане море, припорошене пилом завтовшки в декілька сантиметрів [9]. Мала кількість кратерів в межах крижаного моря свідчить про те, що льодовий шар потужністю близько 45 м утворився приблизно 5 млн. років тому.

Таким чином, *астероїдна атака на Марс, яка відбулася 400—450 млн. років тому, надала нове "життя" планеті, яке активно тривало до недавнього часу: вільна вода часом текла в руслах 10 млн. років тому, зледеніння сталося 5 млн. років, а активні вулкани існували ще 2 млн. років тому. Сподіваємося, що Марс, як і Земля, зараз переживає кінець льодовикового періоду.*

1. Поверхність Марса /Отв. ред. акад. А.В.Сидоренко. М.: Наука, 1980. — 238 с.

2. **Загорный Н.** Жизнь на Марсе погубил метеоритный обстрел // Газета "Сегодня", 8.02.2002.

3. Толщина коры Марса // Природа, 1978, №5. — с. 129,

4. **Кац Я.Г., Козлов В.В., Макарова Н.В., Сулиди-Кондратьев Е.Д.** Геологи изучают планеты. — М.:Недра, 1984. — 144 с.

5. Нас побил астероиды // Вселенная. Пространство. Время. — 2006 № 1(20). — С. 34.

6. На Марс опустился холод // Вселенная. Пространство. Время. — 2005, № 2(9). — С. 22.

7. Вулканы Марса // Вселенная. Пространство. Время. — 2005, № 1. — С. 6.

8. Були моря, отже, знайдуться ріки... // Наше небо. — 2000, № 1. — С. 6.

9. На Марсе найдено ледяное море // Вселенная. Пространство. Время. — 2005, № 3(10). — С. 22.



Долина Нанеді — один із численних ланцюгових утворень (каньйонів), — так званих марсіанських каналів (знімок покриває площу 9,8 км x 18,5 км, довжина каньйона близько 2,5 км, роздільна здатність близько 12 м). Фотографія отримана за допомогою КА "Mars Global Surveyor" 8 січня 1998 р.