

Олександр Шевчук

СКАРБИ ЧЕРВОНОЇ ПЛАНЕТИ



Серед мережива зір, звичних та незмінних за своєю формою сузір'їв на чорному тлі нічного неба часто можна впізнати багряно-жовту (а іноді криваво-червону) „мандрівну зірочку”. Рівним, немерехтливим поглядом дивиться вона на Землю, на її мешканців, повільно пересуваючись Зодіаком¹. Гаму почуттів викликає цей „погляд” у землян: від поетичного піднесення („І на Марсі будуть яблуні цвісти!”) до печерного жаху („кривава” планета!). Ще у прадавні часи Червону планету назвали на честь Марса – давньоримського бога війни (у греків – бог Арес).

Наша сьогоднішня розповідь про Марс (мал. 1), таємничий та загадковий. Йому присвячували оповідання (інколи доволі похмурі) відомі і не дуже письменники, про нього писали оди та саги поети, фантасти вважали його коліскою позаземної цивілізації войовничих марсіан, які тільки і думають, як би захопити Землю, а вчені висловлювали гіпотезу про життя на Марсі.

Марс – четверта за віддаленістю від Сонця і сьома за розмірами планета Сонячної системи. Дослідження Марса почалося ще 4 тисячі років тому в Месопотамії та Давньому Єгипті. Перші докладні



Мал. 1

¹Сукупність сузір'їв вздовж яких проходить видимий шлях Сонця.



таблиці координат Марса на небі склали вавилонські астрономи, вони ж розробили ряд математичних методів для передбачення положення планети. У 1659 році Франческо Фонтана, розглядаючи Марс в телескоп, зробив перший малюнок планети. У 1660 році Жан-Домінік Кассіні зобразив на картах Марса полярні шапки. У 1888 році Джованні Скіапареллі запропонував дати назви окремим деталям поверхні: моря Афродіти, Еритрейське, Адріатичне, Кіммерійське; озера Сонця, Місячне і Фенікс. Серед астрономів докосмічної ери, які проводили телескопічні спостереження Марса, найбільш відомі Скіапареллі, Ловелл, Слайфер, Антоніаді, Барнард, Жаррі-Делож, Тихов, Вокулер. Саме вони заклали основи ареографії² і склали перші карти поверхні Марса.

ОРБІТАЛЬНІ ТА ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТИ

Орбіта Марса досить витягнута, тому відстань до Сонця змінюється від 206,6 до 249,2 млн. км. Середня відстань від Марса до Сонця складає 228 млн. км, зоряний період обертання навколо Сонця дорівнює 687 земних діб. Мінімальна відстань від Марса до Землі становить 55,75 млн. км, максимальна – приблизно 401 млн. км. Марс підходить до Землі найближче під час протистоянь, коли планета перебуває в напрямку, протилежному до Сонця. Протистояння повторюються кожні 26 місяців у різних точках орбіти Марса і Землі. Але раз на 15–17 років протистояння припадає на той час, коли Марс знаходиться поблизу свого перигелію³. В цих так званих великих протистояннях (останнє було в серпні 2003 року) відстань до планети мінімальна. Наступне велике протистояння Марса відбудеться 27 липня 2018 року.

За розміром Марс майже вдвічі менший, ніж Земля: його екваторіальний радіус 3 396,9 км (53,2 % земного), а полярний приблизно на 20 км менший. Площа поверхні Марса приблизно дорівнює площі суші на Землі, маса планети становить $6,418 \cdot 10^{23}$ кг (11 % маси Землі). Вісь обертання планети нахилена до площини орбіти під кутом $65^{\circ}04'$ (для Землі – $66^{\circ}34'$). Зоряний період обертання планети навколо осі – 24 години 37 хвилин 22,7 секунди, тобто майже такий самий, як і у Землі. Спробуйте самостійно довести, що марсіанський рік складається з 688,6 марсіанських сонячних діб (солів).

²Наука про топографію поверхні Марса. Назва походить від імені бога Ареса, на честь якого названа планета.

³Найближча до Сонця точка орбіти планети.

Мал. 2





МІСІЇ НА МАРС

Першим космічним апаратом, що полетів до Марса в 1962 році, був „Марс-1“, а 1971 року апарат „Марс-2“ став першим штучним об'єктом на планеті. Ознак життя на планеті апарати не виявили.

У 1965 році „*Mariner-4*“ облетів планету, передав на Землю перші знімки, а його зонд обчислив атмосферний тиск на поверхні планети. У 1976 році апарат „*Viking-1*“ вперше надіслав кольорові фотографії високої якості з поверхні Марса. На них видно пустельну місцевість з червонуватим ґрунтом, усяяну камінням (мал. 2). Апарати місії взяли проби ґрунту для аналізу на наявність життя. Ґрунт виявився хімічно активним, проте переконливих слідів життєдіяльності мікроорганізмів знайти у ньому не вдалося.

Місія „*Phoenix*“ (2008 рік) займалася пошуком населених зон у марсіанському ґрунті, де теоретично могло б існувати мікробне життя, та вивченням ареологічної історії води.

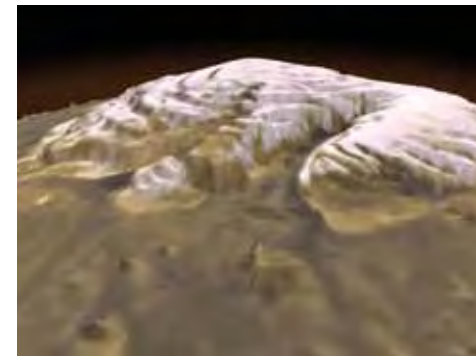
У 2003 році до Марса стартували відразу дві місії. Марсохід космічного агентства NASA „*Spirit*“ (англ. – дух) в рамках проекту *Mars Exploration Rover* (мал. 3) стартував 10 червня 2003 року. Спусковий апарат з марсоходом здійснив м'яку посадку на Марс 4 січня 2004 року. „*Spirit*“ проїхав 7,73 км замість запланованих 600 м і зробив ґрунтовні аналізи порід Марса.

Друга місія – „*Opportunity*“ (англ. – можливість). Апарат вийшов на орбіту 7 липня 2003 року, а на поверхню Марса опустився 25 січня 2004 року. „*Opportunity*“ і зараз ефективно функціонує, у понад 37 разів перевищивши запланований термін (90 солів). Наприкінці квітня 2010 року тривалість місії досягла 2 246 солів, вона найдовша в історії вивчення Марса. Попередній рекорд встановив апарат „*Viking-1*“, який працював з 1976 по 1982 рік.

Місії марсоходів виконували такі наукові завдання:

- Пошук і опис різноманітних гірських порід і ґрунтів, які вказують на колишню активність води на планеті.

Мал. 3



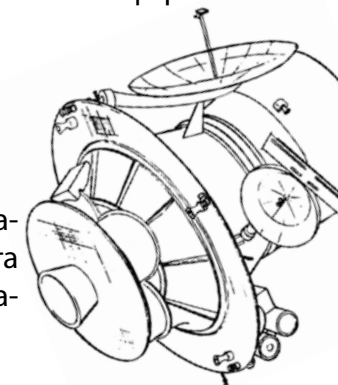
Мал. 4

- Вивчення процесів формування рельєфу місцевості і її хімічного складу ґрунтів.

Найбільш досконалою на сьогодні є місія „*Curiosity*“ (англ. – цікавість, допитливість). Запуск „*Curiosity*“ до Марса відбувся 26 листопада 2011 року, а м'яка посадка – 6 серпня 2012 року. Прогнозований термін служби на Марсі – один марсіанський рік (686 земних діб). Марсохід має автономну хімічну лабораторію, в кілька разів більшу і важчу, ніж марсоходи „*Spirit*“ і „*Opportunity*“. Заплановано, що впродовж кількох місяців апарат пройде 5–20 км та проведе повноцінний аналіз марсіанських ґрунтів і атмосфери. Місія має на меті розв'язання таких наукових завдань:

- встановити, чи існували на Марсі умови для життя;
- дослідити клімат;
- дослідити ареологію;
- підготувати висадку людини на Марс.

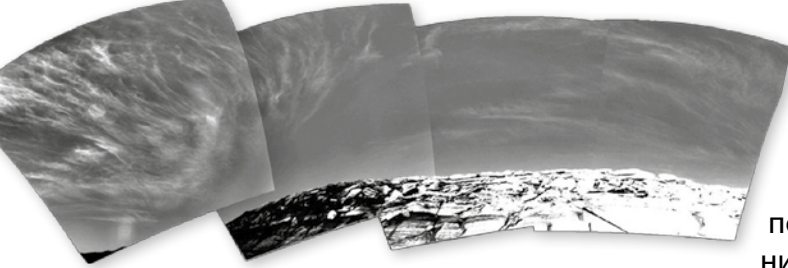
3 лютого 2009 року орбітальні комплекси Марса нараховують аж три розвідника: „*Mars Odyssey*“, „*Mars Express*“ та „*Mars Reconnaissance Orbiter*“. Таким арсеналом може похвалитися хіба що Земля!



АТМОСФЕРА І КЛІМАТ

Людство здавна цікавила відповідь на питання: чи є життя на Марсі? Чи змогла б там жити людина? Лише з розвитком космонавтики ми змогли отримати відповіді на ці питання. На жаль, і хімічний склад, і фізичні параметри атмосфери Марса істотно відрізняються від земних. Тиск поблизу поверхні становить 1/110 земного, що еквівалентно тиску земної атмосфери на висоті приблизно 60 км – у мезосфері! На таких висотах в атмосфері Землі „мешкають“ метеори, сріблясті хмари та бактерії-екстремофіли.

Атмосфера Марса на 95 % складається з вуглекислого газу з невеликими домішками азоту (2,7 %), аргону (1,6 %), кисню (0,2 %); є невелика частка водяної пари. Не надихаєшся на повні груди в такій негостинній атмосфері! До того ж, маса атмосфери протягом марсіанського року дуже змінюється внаслідок конденсації водяної пари взимку та випаровування влітку, а також великого вмісту вуглекислого газу в полярних шапках (мал. 4).



Мал. 5

Середня температура повітря на Марсі значно нижча, ніж на Землі, – приблизно $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. За найсприятливіших умов влітку на денній половині планети повітря на екваторі прогрівається до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – цілком прийнятна для нас температура. Але зимової марсіанської ночі мороз може сягати $-125\text{ }^{\circ}\text{C}$! За такої температури навіть вуглекислота замерзає і перетворюється на сухий лід. Такі різкі перепади температури зрозумілі: розріджена атмосфера Марса не здатна довго утримувати тепло. Отже, Марс – досить холодна для мешканців Землі планета, однак клімат там не набагато суворіший, ніж в Антарктиді.

Нахил осі обертання Марса забезпечує зміну пір року, а еліптичність орбіти призводить до суттєвих відмінностей пір року на Марсі і Землі. Так, весна і літо в північній півкулі планети тривають 371 сол, тобто більше половини марсіанського року. Але ці пори року припадають на час, коли Марс проходить найвіддаленішу від Сонця точку – афелій. Тому на Марсі літо в північній півкулі довге і прохолодне, а в південній – коротке і спекотне.

Тиск на планеті низький, тому вода не може існувати в рідкому стані, але цілком імовірно, що в минулому тут були інші умови, і тому наявність примітивного життя на планеті виключати не можна. 31 липня 2008 року космічний апарат NASA⁴ „Phoenix” виявив на

Марсі воду в стані льоду. Водяної пари в

марсіанській атмосфері небагато, але за низьких тиску і температури вона знаходиться в стані, близькому до насичення, і часто утворює хмари. Марсіанські хмари досить невиразні порівняно із земними (мал. 5). Над низинами (каньйонами, долинами) і на дні кратерів у холодну пору доби часто стоять густі тумани з конденсованої вуглекислоти (мал. 6).

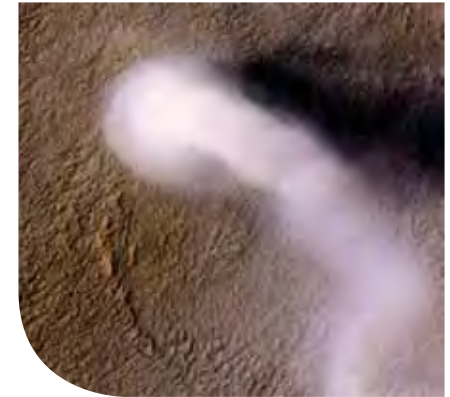
NASA планує відправити групу астронавтів на Марс у 2030 році



Мал. 6

ПИЛОВІ БУРІ І СМЕРЧІ

Внаслідок досить великої амплітуди добової температури на поверхні Марса гуляють потужні вітри, швидкість яких поблизу поверхні сягає 100 м/с ! Це надзвичайно сильний ураган, сила якого складає 12 балів за шкалою Бофорта. Сила тяжіння мала, а тому розріджені потоки повітря піднімають величезні хмари пилу, і великі ділянки Марса охоплюють грандіозні пилові бурі. Найчастіше вони виникають поблизу полюсів. Весняне танення полярних шапок призводить до різкого підвищення тиску атмосфери і переміщення великих мас газу в протилежну півкулю. Пилові бурі піднімають в атмосферу на висоту понад 10 км приблизно мільярд тонн пилу і найчастіше бувають у періоди великих протистоянь, коли літо в південній півкулі припадає на проходження Марсом перигелію.



Мал. 7

Пилові смерчі (марсіанські торнадо) – ще один приклад процесів на Марсі, пов'язаних з перепадом температур (мал. 7), адже вдень поверхня Марса сильно нагрівається, але вже на висоті двох метрів над поверхнею атмосфера така ж холодна, як поверхня Марса вночі. Смерчі на Марсі мають грізну назву „пилові дияволи”, хоча вони невеликі порівняно із земними пиловими вихорами.

РЕЛЬЄФ ПОВЕРХНІ

Червону планету забарвлюють оксиди феруму. Дві третини поверхні Марса займають світлі ділянки (материки), приблизно третину – темні (моря). На жаль, у цих морях нема жодної краплини води. У північній півкулі є лише два великих моря: Ацідалійське і Великий Сирт.

Півкулі Марса мають різний рельєф. Поверхня південної півкулі піднята на висоту 1–2 км над середнім рівнем планети, густо всяяна кратерами і схожа на материки Місяця. Значна частина північної півкулі Марса знаходиться

⁴Національне управління по повітряплаванию та дослідженню космічного простору (США) - NationalAeronauticsandSpaceAdministration, аббревіатура: NASA.





нижче середнього рівня, тут мало кратерів, і більшість площі займають відносно гладкі рівнини та плато, які, ймовірно, утворилися внаслідок затоплення низин лавою та під впливом ерозійної дії „пилових дияволів”.

Рельєф Марса унікальний у Сонячній системі. На Марсі знаходиться все най-най-най! Наприклад, найбільший ударний кратер у Сонячній системі завдовжки 10 600 км та завширшки 8 500 км. У північній півкулі, крім обширних вулканічних рівнин, знаходяться два найбільших у Сонячній системі вулканічні плато: Фарсида та Елізій. На відміну від Землі, на Марсі немає руху літосферних плит, тому вулкани можуть існувати набагато довше і досягати гігантських розмірів.

Фарсида – обширна вулканічна рівнина завдовжки 2 000 км та заввишки 10 км. Тут розташовані три найбільші гори-вулкани Сонячної системи: Арсія, Павліна і Аскрійська (мал. 8). На Фарсиді знаходиться найбільший щитовий вулкан⁵ Сонячної системи патера Альба висотою 7 км та з діаметром основи приблизно 1350 км. На краю Фарсида є ще один унікальний об’єкт – найвища на Марсі і в Сонячній системі гора вулканічного походження – Олімп (мал. 9). Що цікаво: зазначені вулкани шикуються вздовж прямої, а разом з Олімпом утворюють практично рівнобедрений трикутник! Висота Олімпу 27 км від основи гори і 25 км від середнього рівня поверхні Марса. Олімп має найбільший діаметр (550 км) серед гір Сонячної системи і оточений найкрутішими в Сонячній системі обривами (до 7 км). Кальдера Олімпу має 70 км у поперечнику і у 7 разів перевищує розміри найбільшої кальдери на Землі (кратер Мауна-Кеа на гавайському архіпелазі). До того ж, об’єм Олімпу у 10 разів більший, ніж об’єм цього найбільшого вулкана Землі.

Нелегко, дуже нелегко довелося б тутешнім альпіністам! Хіба що відразу висадитися з гелікоптера на верхівку. Але ж ні! Гелікоптери та літаки не літають на таких висотах, адже атмосфера Марса дуже розріджена. Напевно, вершини Олімпу та інших найвеличніших вулканів Сонячної системи не будуть підкорені...

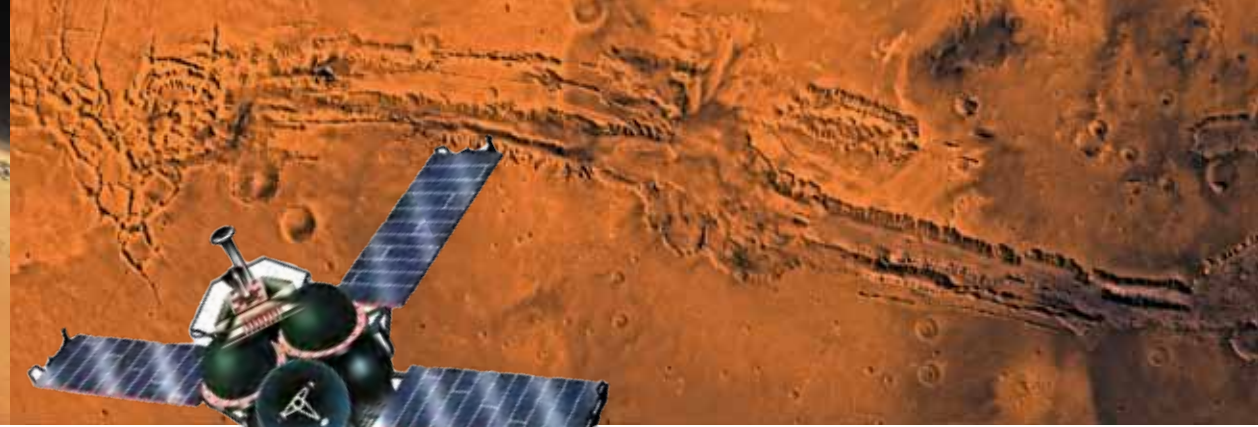
⁵Вулканічна споруда, яка утворюється в результаті багаточисельних (сотні разів) вивержень дуже рідкої лави. Такі вулкани мають форму пологого щита з нахилом в межах (3–8)°.



Мал. 8

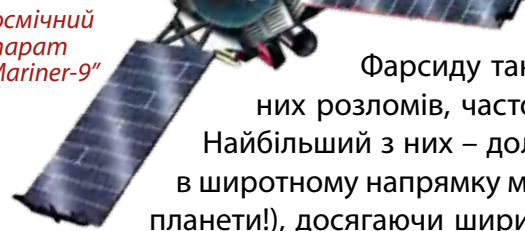


Мал. 9



Мал. 10

Космічний апарат „Mariner-9”



Фарсиду також перетинають безліч тектонічних розломів, часто дуже складних і протяжних. Найбільший з них – долина Марінер – простягнувся в широтному напрямку майже на 4 000 км (чверть кола планети!), досягаючи ширини 600 км і глибини 7–10 км (мал.10). За розмірами цей розлом можна порівняти хіба що зі Східноафриканським рифтом на Землі. На його крутих схилах відбуваються найбільші в Сонячній системі зсуви. Долина Марінер є найбільшим каньйоном в Сонячній системі. Цей каньйон, відкритий космічним апаратом „Mariner-9” у 1971 році, міг би зайняти всю територію США.

Також на Марсі є величезна кількість геологічних утворень, схожих на висохлі русла річок (мал. 11).



Мал. 11

ЩО МОЖНА ПОБАЧИТИ В НЕБІ МАРСА?

Марс знаходиться у півтора рази далі від Сонця, ніж Земля, тому кутовий розмір Сонця, видимий з Марсу, становить 2/3 від кутового розміру Сонця, видимого з Землі. Під час сходу і заходу Сонця марсіанське небо в зеніті має червонувато-рожевий колір, а поблизу диску Сонця – від блакитного до фіолетового. Опівдні небо Марса жовто-помаранчеве. Це зовсім не схоже на картини земних сходів та заходів Сонця (мал. 12). Причина таких відмінностей пов’язана з властивостями тонкої, розрідженої атмосфери Марса, що містить зважений пил. Саме внаслідок запиленості атмосфери Марса сутінки там починаються задовго до сходу Сонця і тривають ще довго після заходу: до 60–70 хвилин на екваторі планети (для Землі цей показник складає 20–25 хвилин). Іноді колір марсіанського неба набуває фіолетового відтінку – це ефект розсіяння світла на мікрочастинках водяного льоду в хмарах.



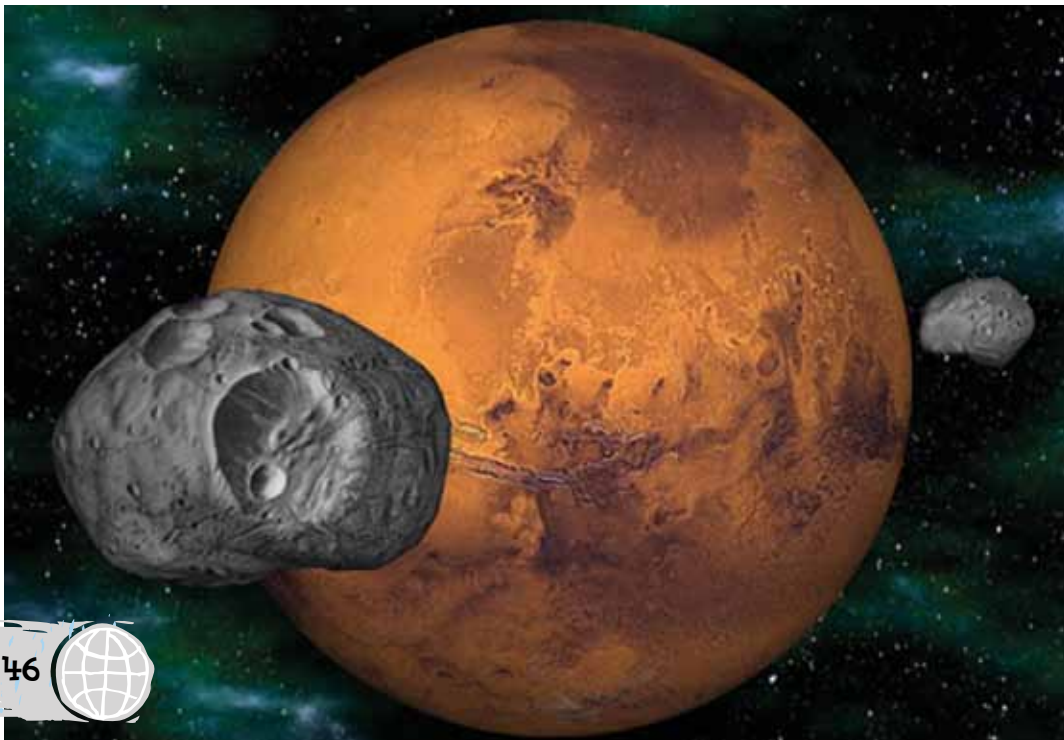


Мал. 12

Які ж об'єкти (крім зір) можна спостерігати на небі Марса? Меркурій практично недоступний для спостережень неозброєним оком, бо він дуже близько розташований до Сонця (максимальне віддалення не перевищує $15,5^\circ$). Найяскравішою планетою на небі Марса є Венера, на другому місці – Юпітер. Його диск та чотири найбільших супутники (Іо, Ганімед, Європа та Каллісто) у періоди протистоянь можна було б спостерігати без телескопа, якщо вважати, що роздільна здатність ока марсіан така ж, як у людей). Серед планет на марсіанському небі на третьому місці за блиском – Земля. Іноді на небі Марса можна було б побачити комети, але зазвичай невиразні, адже на відстані у 240 млн. км від Сонця комети не дуже схильні розпушувати хвости!

У Марса є два природні супутники: Фобос (грец. „φόβος” – страх) і Деймос (грец. „δειμός” – жах). Період їхнього обертання навколо осей співпадає з періодом обертання навколо Марса, тому супутники завжди повернені до планети однією стороною. Гравітаційний вплив Марса поступово уповільнює рух Фобоса, і врешті-решт призведе до падіння супутника на Марс. Деймос, навпаки, віддаляється від Марса.

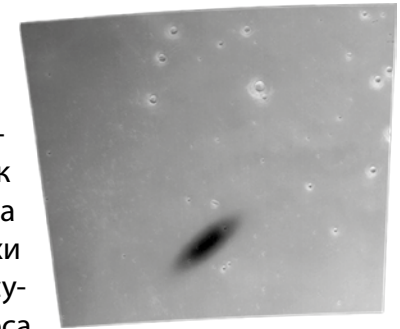
Мал. 13. Марс та його супутники Фобос (ліворуч) та Деймос



Мал. 14

Фобос (його розміри $26,6 \times 22,2 \times 18,6$ км) трохи більший, ніж Деймос (розміри якого $15 \times 12,2 \times 10,4$ км). Поверхня Деймоса набагато гладша, бо більшість кратерів вкриті тонкозернистою речовиною (мал. 13). Фобос обертається на відстані 9400 км від поверхні Марса, тому з поверхні планети його видимий діаметр становить приблизно $1/3$ кутового розміру Місяця на земному небі, а блиск співмірний з блиском Місяця у фазі першої чверті. Фобос має велику швидкість обертання, а період його орбітального руху складає 7 годин 39 хвилин. Це майже втричі менше, ніж тривалість сонячної доби на планеті! Тому Фобос сходить на... заході і сідає на сході, двічі протягом доби перетинаючи небо Марса. Рух цього швидкого супутника на марсіанському небі легко помітити протягом ночі, так само, як і зміну його фаз. Неозброєне око розрізнить найбільшу деталь рельєфу Фобоса – кратер Стікні.

Деймос знаходиться на відстані 23460 км від поверхні Марса, здійснює один оберт навколо планети протягом 1,262 сол (30 годин 17 хвилин) і, як личить „правильному” супутникові, з'являється на сході і заходить на заході. На небі Марса він трохи яскравіший, ніж Венера на нашому небі. Обидва супутники можна спостерігати на нічному небі Марса одночасно: Фобос рухається назустріч Деймосу.



Мал. 15

Яскравість і Фобоса, і Деймоса достатня для того, щоб предмети на поверхні Марса вночі відкидали чіткі тіні. На Марсі може спостерігатися затемнення Фобоса і Деймоса під час їхнього входження в тінь Марса, а також затемнення Сонця Фобосом, яке буває тільки кільцеподібним (у Фобоса малий кутовий розмір порівняно з диском Сонця). На мал. 14 є фото такої події, зафіксоване марсоходом „Curiosity” у 2012 році. Як легко здогадатись, поверхнею Марса в цей час „мандрує” півтінь від Фобоса (мал. 15). Деймос може здійснювати лише проходження по диску Сонця, адже його кутові розміри з поверхні Марса не перевищують $2'$, що ледь більше за граничну роздільну здатність ока людини.

Дослідження скарбів Червоної планети триває!

