

21. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.

FEATURES OF THE FLIGHT TO MARS

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

To protect humanity from possible self-destruction or from the fall of an asteroid, it is necessary to colonize certain space objects. In this sense, one of the best is Mars. The results of previous experiments should show the possibilities of extracting oxygen, minerals, fuel, energy, water and food there. It is very important to create systems to protect astronauts from radiation. After all, there is no radiation protection for astronauts in the orbit of the Moon and Mars. Therefore, it is necessary to develop special systems for maintaining people's vital activities for a long time. To ensure the safest possible flight to Mars, it is necessary to perform a set of special actions. A trip to Mars will significantly affect the health of astronauts.

Key words: Mars, colonization, interplanetary radiation, radiation protection, development of the planet.

ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ЗМІН КЛІМАТУ НА МАРСІ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Марс – четверта від Сонця після Землі планета. При наземних спостереженнях на поверхні Марса спостерігалися світлі (материка) і темні (моря) деталі. Обертання Марса є прямим. Вважають, що раніше на Марсі була вода, й по його поверхні текли ріки. Марс колись міг мати практично земну кисневу атмосферу і запаси води у вигляді морів і річок. Атмосфера й вода були втрачені після потужного бомбардування метеоритами великих розмірів. Грунтуючись на даних, зібраних марсоходами й орбітальними апаратами, вдалося відновити етапи змін клімату Марса.

Ключові слова: Марс, атмосфера, зміни клімату на Марсі, вода на планеті.

Марс – наступна від Сонця після Землі планета. Мінімальна відстань між планетами не завжди співпадає з моментом протистояння. Через значний ексцентриситет орбіти (0.093) найменша відстань між Землею і Марсом у протистояння через кожні 26 місяців змінюється від 55 до 101 млн км [29]. Інтервал часу між двома найближчими великими протистояннями, коли відстань між планетами менша 60 млн км, коливається в межах від 15 до 17 земних років. Тому умови спостереження з поверхні Землі залежать від того, наскільки близький він до перигелію, чи афелію [10].

Оскільки орбіта Марса знаходиться зовні земної, то під час наземних спостережень інтервал зміни фазового кута обмежений ($\alpha \leq 47^\circ$) [5, 6, 27]. Але в періоди протистоянь Марс можна спостерігати упродовж усієї ночі [30]. Форму Марса з високою точністю було визначено за даними радіозатемнень космічного апарату (КА) “Марінер-9”, який обертася навколо планети по нахиленій на майже 64° до площини екватора орбіти. Статистичний аналіз даних цих експериментів дав можливість визначити середній радіус Марса 3396.2 км. При наземних спостереженнях на поверхні Марса спостерігалися світлі і темні деталі. За ними було визначено період його обертання навколо осі ($24^{\text{h}}37^{\text{m}}22.6679^{\text{s}}$). Обертання Марса є прямим. Крім материків і морів у полярних районах спостерігаються дуже світлі плями, потужність яких сезонно змінюється в часі [14] та які називають *полярні шапки*.

Вважають, що раніше на Марсі була вода, й по його поверхні текли ріки [11, 16, 17, 21, 26, 33]. Цілком можливо, що там могла бути значна кількість кисню, завдяки якому Марс і набув червоного кольору. Адже атмосферний кисень тоді міг окислити місцеві породи. А основу поверхневого шару ґрунту складають продукти вивітрювання із червоно-бурих оксидів заліза з домішками глини та сульфатів кальцію й магнію (20%). Багато також там знайдено окислів тривалентного заліза (до 20%). Відомо, що подібна кора утворюється лише в умовах достатку води і вільного кисню в атмосфері.

Марс колись міг мати практично земну кисневу атмосферу [15] і запаси води у вигляді морів і річок. Згідно деяких припущень, атмосфера й вода були втрачені після потужного одноразового бомбардування метеоритами великих розмірів.

Про можливе бомбардування говорять збережені метеоритні кратери, та велика кількість на поверхні магнітного піску, який утворюється лише при окисненні магнетиту й одночасному сильному його прожарюванні. Для цього потрібна одночасна атака десятків досить великих уламків. Дослідження КА «Пасфайндер» показали, що марсіанський пил містить значно більше магнію й заліза, ніж скельні породи. Про активне бомбардування поверхні Марса, при якому з неї вибивалися уламки речовини, говорять ударні кратери з розміром більше кількох кілометрів.

На пристальну увагу заслуговує ланцюжок з 5 гігантських кратерів: Argyre, Hellas, Isidis, Thaumasia, Utopia. Вони лежать на дузі великого кола. Близький вік і особливості їх розташування дозволили запропонувати, що вони утворилися в результаті одного катаклізму [22-24]. Він міг бути спричинений розпадом і падінням фрагментів великого астероїда. Аналіз отриманих даних показав, що він міг мати до 1000 км у діаметрі.

А через близькість до Головного поясу астероїдів, висока імовірність могла бути для зіткнення Марса із залізним астероїдом. Виходячи з глибини і профілю кратера Еллада, матеріал астероїда, що впав на Марс, мав велику густину. Вірогідно, що астероїд майже цілком складався із заліза. Дослідження показують, що при зіткненні планети з астероїдом могла утворитися потужна ударна хвиля, яка добігла до протилежної півкулі, і сфокусувала хвилю симетрично до кратеру Хеллас [9, 30]. Це привело до утворення найвищого в Сонячній системі вулкану Олімп [28, 32]. На рис. 1 видно межі виходу речовини кори, ніби вичавленої ударною хвилею як поршнем із середини планети.

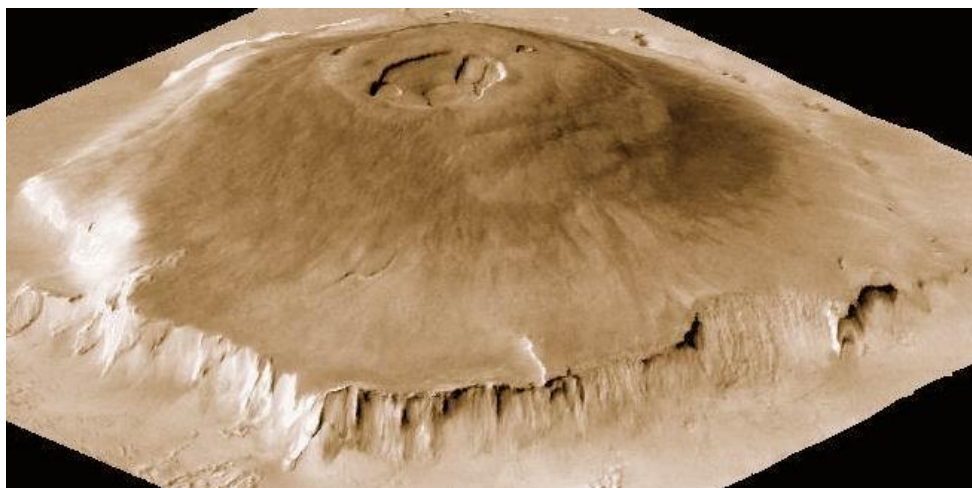


Рис. 1. Навколо вулкану Олімп видні межі виходу речовини кори, видавленої із середини Марса (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

На карті на рис. 2 синім і зеленим кольорами зображені рівнинні поверхні. Вважають, що вони могли утворитися за участю води морів та океанів. А у північній півкулі на поверхні Марса виявлено сліди водної ерозії типу русел річок і промитих водою каньйонів. Рельєф у південній півкулі вкритий викидами із кратера Еллада. Саме

навколо нього можливі свідчення життя були б поховані потужним шаром викинутих порід [7, 12, 20]. Глибина воронки досить значна для того, щоб у викидах з неї могли опинитися породи, характерні для значних глибин [13, 31]. Тому окислення розігрітого заліза астероїда могло б практично миттєво вивести із атмосфери Марса майже весь кисень [3, 4].

Це підтвердило виявлення на поверхні Марса таких мінералів як хризоліти й олівіни апаратурою марсоходів у 2004 р. Такі глобальні зіткнення вплинули на щільність атмосфери і на загальний клімат на Марсі. По розрахунках, до цієї події, тиск атмосфери міг бути до 400 мбар. Зараз же – максимум 12 мбар у найглибших місцях. Тоді на Марсі могла бути вода у відкритих водоймах і навіть річки, що впадали у достатньо крупні моря; особливо в північних низинних областях. Могутнє зіткнення повинне було за відносно невеликий проміжок часу привести до того, що Марс позбувся майже всіх запасів води на поверхні, перетворившись на безводну пустелю.

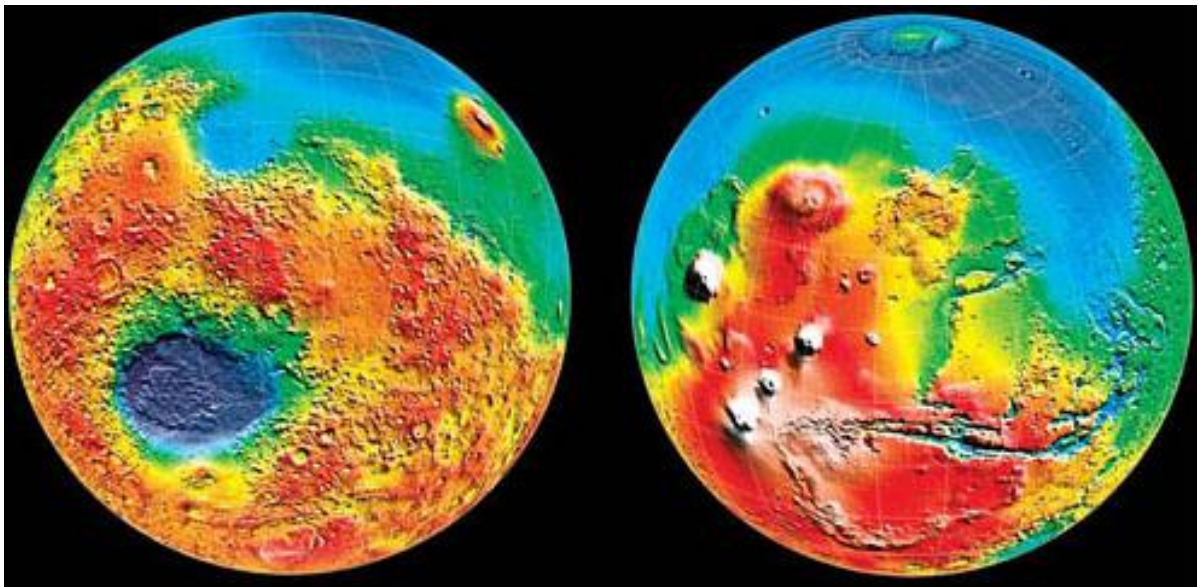


Рис. 2. Топографічна карта Марса, отримана в результаті роботи КА «Марс Глобал Сервейор» (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Свідченням цього можуть бути реліктові залишки стародавніх полярних шапок у вигляді темних областей на екваторіальних широтах. Деякі з них можуть містити запаси льоду, приховані в надрах Марса і в наші дні. В давнину після зникнення рідкої води з поверхні основним її джерелом стали полярні шапки. І якщо поклади льоду ще залишилися під поверхнею Червоної планети, то тепер шукати їх потрібно і в екваторіальній області. Тобто близько 4-4.5 млрд років тому Марс міг бути вологою планетою. Дослідження мінералів на поверхні Марса показує, що планета за весь період свого існування пройшла як мінімум три масштабні геологічні ери. Ґрунтуючись на даних, зібраних марсоходами й супутником «Mars Express», вдалося відновити ці етапи розвитку Марса [29].

В першу Phyllosian геологічну еру, яка розпочалася 4.5 млрд. років тому та тривала понад 500 млн. років, Марс був дуже вологою планетою. Це було видно по тому, що породи, що належать до неї, зазнали значної ерозії [8]. Вони містять глинисті мінерали філосилікати, шамозит тощо. Для їх утворення потрібно багато води, температуру трохи вищу за 273К та низьку кислотність. Причому, ділянок з такими породами, розкиданими по всій планеті, зараз виявлено тисячі.

Після глобальної зміни клімату, котра імовірно була викликана вулканічною активністю, розпочалася нова Теїкіанова (Theikian) ера. Вона тривала від 4 до 3.5 млрд.

років тому. Через значні вулканічні викиди [25] в атмосферу Марса почала поступати величезна кількість сірки. По цій причині навколишнє середовище стало кислим, а вода могла вступати в реакцію із сірчаними сполуками, та утворювати сульфати. Тому планета почала осушуватися. Свідченням цього стала наявність гіпсу й гематиту [18, 19].

Близько 3.5 млрд. років тому розпочалася третя, так звана Siderikan ера. В той час почали утворитися залізні окисли, що не гідратувалися та могли надавати планеті червоного кольору. І якщо зараз Марс є пустелею, та 4 млрд. років тому на планеті вивергалася значна кількість вулканів, планету окутувала щільна газова атмосфера, а вода дощами і снігом живила моря та озера. Згідно різних оцінок, це тривало від 0.5 до 1.5 млрд. років. За цей час умови на планеті від тих, що були на тодішній Землі – почали змінюватися; планета охолоджувалася, активність вулканів знизилась і зменшилися викиди газів в атмосферу.

Оскільки Марс практично у два рази є меншим від Землі, має меншу силу тяжіння, то там присутні в повітрі легші елементи не змогла утриматися, і поступово зникали в космосі [1]. Залишалися лише важчі елементи, до яких відноситься діоксид вуглецю. Саме його зараз у марсіанській атмосфері міститься понад 96%. Вода також випаровувалася і частково збереглася у глибині [2]. Там зараз і ведуться її пошуки. Однак, мабуть, ще впродовж мільярда років на поверхні планети могли зберігатися численні озера.

Список використаних джерел:

1. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
2. Goldspiel J.M., Squyres S.W. (2000). Groundwater sapping and valley formation on Mars. *Icarus*, 148, 176-192.
3. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
4. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
5. Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P. (2005) Polarimetry and Physics of Solar System Bodies. *Photopolarimetry in Remote Sensing, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry*. 161, p 369-384.
6. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.*
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 *ISCo AS YS*. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
8. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 *International scientific conference Astronomical School of Young Scientists*. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
9. Mougins-Mark P. (1979) Martian fluidized crater morphology: Variations with crater size, latitude, altitude, and target material. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 84(B14), p.8011-8022.
10. Murray B.C., Ward W.R., Yeung S.C. (1972) Periodic Insolation Variations on Mars. *Science*. 180(4086), p. 638-640.
11. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
12. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th *International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPI Contrib. No. 2089, 6007.*
13. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th *LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.*
14. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 3(6), p. 9-12.
15. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.

16. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
17. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. Astronomical almanac. 56, p. 225-249.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. Astronomical School's Report 12 (1), p. 14-26.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. May 26-27, 2016, Kyiv, Ukraine, p. 23-27.
20. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. Astronomy and present: materials of 5 ISCo, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk". - 241 p. P. 43-48.
21. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, May 26-27, Kyiv, Ukraine, p. 16-17.
22. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
23. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
24. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.
25. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 ISCo AS YS, May 23–24 2018, Uman, Ukraine, p. 9-12.
26. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS, May 23–24 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.
27. Vidmachenko A.P., Klimenko V.M., Morozhenko A.V. (1981) Apparent spectral albedos of the disk of Mars in September-October 1977. Solar System Research. 14(4), p. 157-159.
28. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. Astronomical School's Report 10 (1), 6-19.
29. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. MAO NAS of Ukraine, NULES of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.
30. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
31. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
32. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Features of volcanic structures on Venus. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Modern directions of scientific research development. 29, p. 195-204.
33. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

HISTORICAL ASPECTS OF CLIMATE CHANGES ON MARS

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Mars is the fourth planet from the Sun after Earth. During ground observations, light (mainland) and dark (sea) details were observed on the surface of Mars. The rotation of Mars is direct. It is believed that earlier there was water on Mars, and rivers flowed on its surface. Mars may once have had an almost terrestrial oxygen atmosphere and water reserves in the form of seas and rivers. The atmosphere and water were lost after a powerful bombardment by large meteorites. Based on data collected by rovers and orbiters, it was possible to reconstruct the stages of climate change on Mars.

Key words: Mars, atmosphere, climate changes on Mars, water on the planet.